



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ANA PAULA PAVANELLI

**ESTUDO POPULACIONAL DE *Astronium graveolens* JACQ.  
(ANACARDIACEAE) EM ÁREAS TOPOGRAFICAMENTE  
DISTINTAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA  
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL.**

---

Londrina  
2009

ANA PAULA PAVANELLI

**ESTUDO POPULACIONAL DE *Astronium graveolens* JACQ.  
(ANACARDIACEAE) EM ÁREAS TOPOGRAFICAMENTE  
DISTINTAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA  
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado  
em Ciências Biológicas área de concentração em  
Botânica da Universidade Estadual de Londrina  
para obtenção do Título de mestre

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pimenta

Londrina  
2009

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

### **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

P337e Pavanelli, Ana Paula.

Estudo populacional de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) em áreas topograficamente distintas de fragmentos de floresta estacional semidecidual do sul do Brasil / Ana Paula Pavanelli. – Londrina, 2009. 69 f. : il.

Orientador: José Antonio Pimenta.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2009.

Inclui bibliografia.

1. Botânica – Teses. 2. Aroeira – Teses. 3. Florestas – Topografia – Teses. 4. Anacardiacea – Teses. I. Pimenta, José Antonio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

COORDENADORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
Divisão de Admissão e Registro

PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Discente: Ana Paula Pavanelli

Título: "Estudo Populacional de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) em áreas topograficamente distintas de fragmentos de floresta estacional semidecidual do Sul do Brasil".

Data da Defesa: 20 de julho de 2009 - 08:00Hs.

Banca Examinadora

Dr. José Antonio Pimenta

Dra. Rita de Cássia Quitete Portela

Dr. Edmilson Bianchini

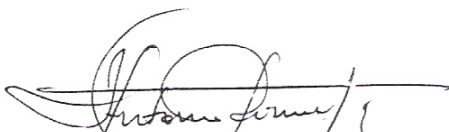
Parecer

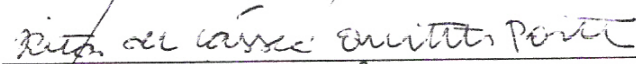
APROVADA

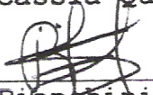
APROVADA

APROVADA

Parecer Final APROVADA

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Pimenta

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Rita de Cássia Quitete Portela

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Edmilson Bianchini

*Falta uma alma no argumento de que devemos conservar  
espécies  
porque elas poderiam ser úteis. Ele é sensato e verdadeiro,  
mas não tem espírito e nem dimensão humana.  
É o argumento dos tecnocratas.  
Não conservamos concertos de Mozart, pinturas de Monet ou  
catedrais medievais porque são úteis.  
Conservamos porque são incríveis e porque enriquecem nossas  
vidas... A natureza é maravilhosa. Vamos dizer isto e ter a orientação  
desta beleza como uma honesta e decisiva razão para conservá-la.*

## AGRADECIMENTOS

Às pessoas que estiveram presentes em momentos distintos e me fizeram avançar pela ajuda que me dispensaram.

À Universidade Estadual de Londrina, ao Programa de Mestrado em Ciências Biológicas e Capes.

Ao Professor Dr. José Antonio Pimenta pelo suporte, orientação e amizade.

Ao Professor Dr. Edmilson Bianchini pela co-orientação e críticas importantes ao trabalho.

À Professora Dr. Rita de Cássia Quitete Portela (UFRJ) pelas sugestões valiosas durante a pré-banca e banca de avaliação.

À Carolina Virillo pelo auxílio com o programa passage para os cálculos de Autocorrelação e teste de Mantel.

Aos professores que colaboraram durante todo o processo em especial: Professora Dra. Inês C. de Batista Fonseca e Professor Dr. Angelo Spoladore.

Ao proprietário da Fazenda Doralice, Sr. Pedro Favoretto e funcionários.

Ao Instituto Ambiental do Paraná por permitir o acesso ao Parque Estadual Mata dos Godoy.

À equipe de campo, Josiane, Paulo, Melissa e Valéria agradeço pela grande ajuda e ótima companhia, vocês foram imprescindíveis em todo o processo.

Aos meus pais, pelo constante incentivo e apoio, vocês são os melhores pais do mundo!

Ao companheiro Écio Diniz, pela força, carinho, conversas, estando sempre disposto a comentar sobre meu trabalho, ouvir meus lamentos e choros e pelo cuidado que tem sempre por mim.

A todos os amigos e colegas de turma, presentes tanto nos momentos de estudo quanto nos momentos de lazer.

PAVANELLI, A.P. **Estudo Populacional de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) em áreas topograficamente distintas de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

## RESUMO

Com o objetivo de desenvolver estudos populacionais comparativos entre duas áreas topograficamente distintas levantou-se a seguinte hipótese: diferenças topográficas causam variações na demografia, estrutura populacional e arquitetura de *A. graveolens*. Foram demarcadas três áreas de amostragem de 0,5 ha cada, sendo duas em áreas planas (AP na Fazenda Doralice – Ibiporã/PR, 23° 16's e 51° 03'W e AG no Parque Estadual Mata dos Godoy – Londrina/PR, 23° 27's e 51° 15'W) e uma em área declivosa (AD na Fazenda Doralice). Os indivíduos foram marcados e medidos DAS e altura. Foi utilizado o modelo de matrizes para o estudo demográfico. A estrutura espacial foi analisada usando o coeficiente de autocorrelação espacial dado pelo coeficiente Moran *I*. Utilizou-se o teste de Kolmogorov e Smirnov para comparar as distribuições de tamanho e ANCOVA para testar as possíveis diferenças arquiteturais através dos descritores *a* e *b* da equação da reta. Observou-se maior variação demográfica e maior abundância de indivíduos na área declivosa do que no platô da Fazenda Doralice (1082 e 220, respectivamente). Nas três áreas estudadas verificou-se distribuição agregada dos indivíduos, no entanto na área de declive foi observada formação de maiores manchas do que nas áreas planas (AP e AG). Houve diferença temporal na estrutura de tamanho para altura e para diâmetro dos indivíduos de AP. As estruturas de tamanho (altura e diâmetro) dos indivíduos de AD não apresentaram diferenças no tempo. Observaram-se diferenças quando comparados o grupo de indivíduos de AP com AG e AD com AG no ano de 2008. A altura explicou uma grande proporção da variação do diâmetro da população de *A. graveolens* nas três áreas ( $r^2$  entre 0.894 e 0.958). A proporção de crescimento entre diâmetro e altura observada para *A. graveolens* na área declivosa AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade elástica ( $d \propto h^{1,5}$ ), enquanto que nas áreas planas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) e AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade geométrica ( $d \propto h$ ). Ou seja, para AD um aumento de uma unidade na altura (1 m) corresponde a um aumento maior que uma unidade no diâmetro (1,46 cm). Para AP e AG essa proporção foi de aproximadamente 1:1. Possivelmente isso esteja relacionado insegurança do substrato e a movimentação das partículas do solo devido à declividade do terreno. O investimento menor em altura, também está relacionado à menor competição por luz na AD que apresenta menor cobertura do dossel. Os resultados de demografia e estrutura espacial correlacionados com variáveis bióticas e abióticas indicam que, as diferenças topográficas resultam em características microambientais próprias em cada área, que possibilitam maior disponibilidade de sítios favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento de maior número de indivíduos de *A. graveolens* na área declivosa. Além disso, a capacidade de *A. graveolens* em apresentar estrutura de tamanho e formas diferentes em áreas topograficamente distintas, possivelmente seja uma importante explicação da presença dessa espécie em áreas com grandes variações no relevo.

**Palavras-chave:** *Astronium graveolens*. Estudo populacional. Topografia. Floresta Estacional Semidecidual.

PAVANELLI, A.P. **Population study of *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) in areas with different topography in semideciduous seasonal forest fragments in southern Brazil.** 2009. 69 p. Dissertation (Master's Degree in Biological Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

## ABSTRACTS

In order to develop comparative population studies between areas with different topography were formulated the following hypothesis: topographical differences cause variations in demography, population structure and architecture of *A. graveolens*. Three sampling areas were demarcated of 0,5 ha each, two in flat areas (AP – Doralice's Farm - Ibiporã / PR, 23 16's and 51°03'W and AG- in the - Mata dos Godoy State Park, Londrina / PR, 23 27's and 51°15'W) and another on a sloped area (AD at Farm Doralice). Individuals were marked and measured diameter and height. We used the matrix model for the study population. The spatial structure was analyzed using the coefficient of spatial autocorrelation that is given by I of Moran. Were used the Kolmogorov and Smirnov test to compare the distributions of size and ANCOVA to test the possible differences architectural descriptors a and b through the equation of the straight. There was greater variation and greater population abundance of individuals in sloped area than flat area (1082 and 220, respectively). In the three areas studied there was aggregated distribution of individuals, but the patches in AD were bigger than in flat areas (AP and AG). There was temporal differences in size structure to height and diameter of individuals in AP. The size structures (height and diameter) of AD showed no temporal differences. Difference was observed when compared the individuals group of AP with AG and AD with AG in 2008 year, for height and diameter. The height explained a large proportion of the variation of the diameter to *A. graveolens* population in three areas ( $r^2$  between 0,894 and 0,958). The proportion of growth between the diameter and height observed for *A. graveolens* in sloping AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) approaches the model of elastic similarity ( $d \propto h^{1,5}$ ), while in the plane areas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) and AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) approximated to the geometric similarity model ( $d \propto h$ ). That is, for AD an increase by one unit in height (1 m) corresponds to a bigger increase than one unit in diameter (1.46 cm). For AP and AG this proportion was approximately 1:1. Possibly this is related to the uncertainty of the substrate and movement of soil particles due to the slope of the land. Furthermore, the less investment in height, is also related to less competition for light in AD that displays lower canopy cover. The results of demographic and spatial structure correlated with biotic and abiotic variables suggests that, the topographic differences result in microhabitats characteristics in each area, enabling greater availability of sites supporting the establishment and development of a greater number of individuals of *A. graveolens* in declivity. This ability of *A. graveolens* in showing size structure and different forms in areas with distinct topography, possibly being an important explanation for the presence of this species in areas with large variations in topography.

**Keywords:** *Astronium graveolens*. Population study. topography. Semideciduous forest.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Fotografia aérea com indicativo (retângulo amarelo) da localização das duas áreas amostrais. Área plana (AP) e área de declive (AD). ..... 18
- Figura 2** – Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Fotografia aérea com indicativo (círculo amarelo) da localização da área amostral. .... 18
- Figura 3** – Relevo das áreas amostradas, plana (AP) e declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. .... 20
- Capítulo 1**
- Figura 1** – Diagrama de caixa representando o ingresso, a mortalidade e o recrutamento dos indivíduos de *Astronium graveolens* nas diferentes classes de tamanho da área plana (A) e da área de declive (B) da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. I= ingressantes ; No= número inicial de indivíduos; N1= número de indivíduos no final; S= permanência na mesma classe; M= mortos. Cl= classes de altura: 1= >0 a 0,25; 2= >0,25 a 0,5; 3= >0,5 a 1; 4= >1 a 2; 5= >2 a 4; 6= >4 a 8; 7= >8 (indivíduos reprodutivos). As linhas tracejadas indicam indivíduos que quebraram (regressão), linhas contínuas indicam indivíduos que cresceram (recrutamento)..... 30
- Figura 2** – Correlograma espacial de distribuição dos indivíduos de *Astronium graveolens*, para 13 classes de distância na área plana (A) e na área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e na área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Os pontos assinalados com x indicam valores não significativos ao nível de significância considerado ( $\alpha=0,05$ ). O ponto cheio indica valor significativo do  $I$  ( $\alpha=0,05$ )..... 32
- Figura 3** – Análise de componentes principais representando as parcelas e as variáveis no primeiro plano fatorial. Área plana (x), Área de declive (círculos preenchidos) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil..... 34
- Figura 4** – Triângulo de texturas com análise granulométrica do solo do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (triângulos) e área de declive (círculos) ..... 35

## Capítulo 2

- Figura 1** – Distribuição em classes de altura (A e B) e diâmetro (C e D) da população de *Astronium graveolens* na área plana (A e C) e de declive (B e D) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil, para o ano de 2007. Classes de altura e DAS (diâmetro a altura do solo) 1: >0 a 0,25; 2: >0,25 a 0,5; 3: >0,5 a 1; 4: >1 a 2; 5: >2 a 4; 6: >4 a 8; 7: >8..... 50
- Figura 2** – Distribuição em classes de altura (A-C) e diâmetro (D-F) da população de *Astronium graveolens* na área plana (A e D) e de declive (B e E) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e na área plana (C e F) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil para o ano de 2008. Classes de altura e DAS (diâmetro a altura do solo) 1: >0 a 0,25; 2: >0,25 a 0,5; 3: >0,5 a 1; 4: >1 a 2; 5: >2 a 4; 6: >4 a 8; 7: >8 ..... 51
- Figura 3** – Fator de segurança do diâmetro do caule ( $d/d_{min}$ , onde  $d$  é o diâmetro observado e  $d_{min}$  é o diâmetro mínimo teórico do limite de quebra da árvore segundo McMahon (1973)) de *Astronium graveolens* de três áreas: área plana (A) e área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. .... 53
- Figura 4** – Regressão entre o diâmetro (cm) (D) e altura (m) (H) de *Astronium graveolens* de três áreas ( $\log D = a + b \log H$ ). Área plana (A) e (B) área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. .... 55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> –	Caracterização ambiental das áreas plana (AP) e de declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Média ± erro padrão .....	20
 <b>Capítulo 1</b>		
<b>Tabela 1</b> –	Matrizes de Lefkovitch para <i>Astronium graveolens</i> na área plana (AP) e área de declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil (período de 2007 a 2008). Classes de altura: C1: >0 a 0,25; C2: >0,25 a 0,5; C3: >0,5 a 1; C4: >1 a 2; C5: >2 a 4; C6: >4 a 8; C7: >8 (indivíduos reprodutivos).....	31
<b>Tabela 2</b> –	Correlação de Pearson (r) das variáveis utilizadas na análise de componentes principais nas áreas plana e declive do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil, com os dois primeiros componentes da análise de componentes principais.....	34
 <b>Capítulo 2</b>		
<b>Tabela 1</b> –	Comparações das estruturas de tamanho da população de <i>Astronium graveolens</i> em diferentes áreas e datas de amostragem, pelo teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV (D). AP - área plana e AD – área de declive do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e AG - área plana do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil .....	52
<b>Tabela 2</b> –	Estimativa dos parâmetros das regressões lineares para o diâmetro (cm) (D) e a altura (m) (H) ( $\log D = a + b \log H$ ) de <i>Astronium graveolens</i> para área plana (AP) e área de declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice e para a área plana do Parque Estadual Mata dos Godoy, PR, Brasil. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si (ANCOVA e Teste de Scheffé, $p < 0,05$ ) .....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>2 METODOLOGIA GERAL</b> .....	16
2.1 ÁREAS DE ESTUDO .....	16
2.2 ESPÉCIE ESTUDADA .....	19
2.3 DELIMITAÇÃO DAS PARCELAS DE ESTUDO .....	19
<b>CAPÍTULO 1 – DEMOGRAFIA E ESTRUTURA ESPACIAL DE <i>ASTRONIUM GRAVEOLENS</i> JACQ. (ANACARDIACEAE) EM ÁREAS TOPOGRAFICAMENTE DISTINTAS DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL</b> .....	22
Resumo .....	23
Abstract .....	23
Introdução .....	24
Material e métodos .....	25
Resultados .....	29
Discussão .....	35
Referências .....	39
<b>CAPÍTULO 2 – ESTRUTURA DE TAMANHO E RELAÇÕES ALOMÉTRICAS DE <i>ASTRONIUM GRAVEOLENS</i> JACQ. (ANACARDIACEAE) EM ÁREAS TOPOGRAFICAMENTE DISTINTAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL</b> .....	43
Resumo .....	44
Abstract .....	44
Introdução .....	45
Material e métodos .....	47
Resultados .....	49
Discussão .....	56
Referências .....	59
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62

**REFERÊNCIAS** ..... 63

**ANEXOS** ..... 66

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Segundo Krebs (1994) uma população pode ser definida como um grupo de organismos de uma mesma espécie que ocupa um determinado espaço ao mesmo tempo. Uma população apresenta comportamento dinâmico devido aos nascimentos, mortes, imigração e emigração e tem continuidade temporal (RICKLEFS, 2001).

Para as populações de plantas e mais especificamente para as populações arbóreas os estudos da ecologia populacional são considerados essenciais para o entendimento de processos que regulam a dinâmica e estrutura de uma comunidade florestal (SANTOS *et al.*, 1998).

Vários aspectos são relevantes para o estudo de uma população arbórea, como a estrutura de tamanho, as relações alométricas, a demografia e a compreensão da organização espacial dos indivíduos da população nos fragmentos, em face de diferentes fatores bióticos e abióticos (CARVALHO *et al.* 2005a, 2005b).

Informações ecológicas podem ser obtidas a partir da distribuição de idade, mas a dificuldade de precisar a idade de plantas tropicais tem conduzido a caracterização em classes de tamanho (HARTSHORN, 1975). Além da dificuldade de estimar a idade, o tamanho de plantas geralmente tem uma melhor relação com a performance do indivíduo do que a idade (GATSUK *et al.*, 1980).

Os estudos de alometria em plantas são importantes para a compreensão de aspectos ecológicos e evolutivos e os modelos gerados a partir desses estudos podem ser ferramentas poderosas de previsão em ecologia (BOND *et al.*, 1999). Em árvores esses estudos são importantes no entendimento da estrutura e dinâmica das florestas (SPOSITO; SANTOS, 2001).

A demografia de espécies arbóreas pode ser muito irregular em pequenas escalas temporais e espaciais (SHEIL; MAY, 1996). Estudos demográficos fornecem subsídios para o entendimento de como o tamanho das populações afeta a probabilidade de extinção que são fundamentais na biologia da conservação. São usados modelos demográficos para prever como o manejo pode afetar o crescimento ou a viabilidade (risco de extinção ou quase extinção) da população e, como tal, fornecer uma base ecológica para a tomada de decisão (NORRIS, MCCULLOCH, 2003).

Vários fatores bióticos e abióticos podem afetar os parâmetros demográficos das espécies e em consequência, podem influenciar no padrão espacial das mesmas

(BIANCHINI, 1998). Legendre e Fortin (1989) consideraram que, na natureza, os seres vivos se distribuem predominantemente de forma agregada, em manchas. Esses mesmos autores afirmaram que os padrões espaciais são ponto crucial em várias teorias ecológicas, pois muitas idéias partem do princípio de que indivíduos próximos no espaço e no tempo estão mais sujeitos a serem influenciados pelos mesmos processos locais. Um fator muito importante de ser considerado, quando se analisam fenômenos desta natureza, é a autocorrelação espacial, segundo a qual amostras localizadas próximas umas das outras têm uma maior tendência a serem similares (DALE, 1999).

Vários estudos sobre padrão espacial de plantas têm demonstrado o padrão agregado para diversas espécies de Florestas Tropicais (ALENCAR, 1984, LEITE; HAY, 1989, OLIVEIRA *et al.*, 1989, BIANCHINI, 1998, HAY *et al.*, 2000; MARQUES; JOLY 2000).

A topografia tem sido considerada como a mais importante variável na distribuição espacial dos indivíduos e na estrutura das Florestas Tropicais, porque ela comumente está intimamente relacionada com as mudanças nas propriedades dos solos, particularmente no regime de água e na fertilidade. A correlação entre distribuição de espécies arbóreas, variáveis do solo e topografia tem sido demonstrada em alguns estudos com Florestas Tropicais (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2001; ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2002; SOUZA *et al.*, 2003; CARVALHO *et al.*, 2005a).

As florestas nativas do Estado do Paraná cobriam mais de 80% do seu território, mas durante o século passado foram drasticamente reduzidas (RODERJAN *et al.*, 2002). Hoje apresenta apenas 9,9 % da cobertura original de Florestas Nativas (FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA, 2008).

A fragmentação florestal, que também atinge as matas ciliares, na maior parte das vezes ocorre devido à substituição de parte da floresta por pastagens e atividades agrícolas. Em razão desta rápida fragmentação em curso, é importante e necessário desenvolver estudos ecológicos tanto em nível de comunidade quanto populacional nos fragmentos, visto que tais estudos permitem avaliar os potenciais de perdas e conservação dos recursos naturais a longo prazo (CARVALHO *et al.*, 2005b).

O presente estudo foi conduzido em dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, um destes fragmentos florestais está localizado na Fazenda Doralice no Município de Iporã e distribui-se como uma área íngreme próximo a um rio e uma região alta caracterizada como platô. Este fragmento não possui um histórico de preservação conhecido, assim amostrou-se também os indivíduos de *Astronium graveolens* em outro

fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no Parque Estadual Mata dos Godoy, o qual possui histórico conhecido de preservação. Este Parque, situado no Município de Londrina, distribui-se como uma suave planície com algumas colinas paralelas de declive moderado.

Com o objetivo geral de desenvolver estudos populacionais comparativos entre estas áreas levantou-se a seguinte hipótese: Diferenças topográficas causam variações na demografia, estrutura populacional e arquitetura de *A. graveolens* Jacq. Para verificar essa hipótese foram propostas as seguintes questões:

- Num período de um ano a variação demográfica da população de *A. graveolens* é diferente entre a área íngreme e a área de platô?
- O padrão espacial e a estrutura de tamanho da população diferem entre as áreas?
- Existem diferenças na forma dos indivíduos localizados nas diferentes áreas?

Os resultados poderão contribuir para a compreensão do comportamento ecológico da espécie, auxiliando nas ações de manejo e conservação de fragmentos de floresta estacional semidecidual.

## 2 METODOLOGIA GERAL

### 2.1 ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual localizados um na Fazenda Doralice (FD), município de Ibiporã, PR e outro no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) município de Londrina, PR, ambos situados na região da Bacia do Rio Tibagi.

A bacia do rio Tibagi está posicionada na porção leste do estado do Paraná, no sentido sul-norte e compreende uma área de aproximadamente 24.712 km<sup>2</sup>. Sua nascente está situada na região de Ponta Grossa, no Paraná, de onde atravessa o estado em direção norte, até desembocar no rio Paranapanema (divisa dos estados São Paulo e Paraná) (PINESE, 2002). É dividido em três sub-regiões: o alto Tibagi (região localizada no segundo planalto paranaense), o médio Tibagi (escarpas de transição entre planaltos) e o baixo Tibagi (região localizada no terceiro planalto paranaense) onde estão localizados os fragmentos florestais deste estudo.

Na região conhecida como baixo Tibagi, onde as altitudes não ultrapassam 800 metros, a vegetação originalmente dominante era floresta estacional semidecidual, a qual sofreu um processo intenso de fragmentação desde o século XIX, resultando numa paisagem composta por uma miríade de pequenos fragmentos, somando apenas 2-4 % da área antes ocupada por florestas (Ipardes 1993). Antes da fragmentação este tipo de ecossistema formava um contínuo com a floresta ombrófila densa (a floresta atlântica) desde a costa atlântica brasileira, sendo por isso considerado parte do bioma das florestas tropicais (TOREZAN, 2002).

Nas áreas com solo profundo e bem drenado, observa-se uma fisionomia com sub-bosque menos denso - composto principalmente por *Actinostemon concolor* (Spreng) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) e *Trichilia clausenii* C. DC. (Meliaceae)—e dossel mais alto, com poucas interrupções e emergentes acima dos 35 metros, como a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg., (Apocynaceae)) e o pau d'álho (*Gallesia integrifolia* (Spreng) Harms, Phytolaccaceae), com descrito em Soares-Silva & Barroso (1992). Nas áreas de encosta com solo raso, as clareias são mais freqüentes e maiores, com um dossel frequentemente interrompido, onde são comuns *Nectandra megapotamica* Spreng. Mez. (Lauraceae), *Cabralea*

*canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) e *Parapiptadenia rígida* (Benth) Brenam (Fabaceae-mimosoideae), e onde há abundância de cipós (TOREZAN, 2002).

A Fazenda Doralice (FD) está situada nas coordenadas 23°16'S e 51°03'W a 480m de altitude. O município de Ibiporã apresenta 3% de cobertura florestal original (FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA, 2008). Esta fazenda apresenta um remanescente florestal do tipo floresta ciliar na margem esquerda do Rio Tibagi, classificada como Floresta Estacional Semidecidual com uma área aproximada de 100 ha com uma região íngreme de declive bastante acentuado próximo às margens do Rio Tibagi seguido de área de platô distante da margem.

No município de Londrina, que apresenta 7% de cobertura florestal original (FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA, 2008), está localizado o Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG) nas coordenadas 23°27'S e 51°15'W. Possui uma área 680 ha com altitude em torno de 600 m. Apresenta em sua maior composição Floresta Estacional Semidecidual, com alto grau de preservação, distando aproximadamente 24 km em linha reta da Fazenda Doralice. Quanto ao relevo apresenta-se como uma suave planície na porção norte, contando com algumas colinas paralelas com declive moderado na parte sul (SILVEIRA, 1993).

Para avaliar a influência das variáveis abióticas, em especial a topografia, sobre a ecologia da população de *Astronium graveolens*, foram definidas no fragmento florestal da FD duas áreas amostrais de 0,5 ha. cada, sendo uma na região de declive (AD) e a outra no platô (AP) (Figura 1).

Em uma área plana, na porção norte do PEMG foi definida somente uma área amostral de 0,5 ha. (Figura 2), foram desenvolvidas avaliações das estruturas espacial e de tamanho e da alometria de *A. graveolens*.



**Figura 1** – Fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Imagem de satélite com indicativo (retângulo amarelo) da localização das duas áreas amostrais. Área plana (AP) e área de declive (AD).



**Figura 2** – Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Imagem de satélite com indicativo (círculo amarelo) da localização da área amostral.

## 2.2 ESPÉCIE ESTUDADA

A espécie estudada foi *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae), conhecido como guaritá. Árvore de dossel de 15 a 25 m de altura, comumente com diâmetro máximo de 40 a 60 cm. É uma espécie decídua, heliófita, com reprodução sexuada. A floração acontece nos meses de agosto e setembro e frutificação nos meses de outubro e novembro, produzindo anualmente grande quantidade de sementes que são dispersas por anemocoria. Ocorre em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul (LORENZI, 1998).

Segundo Dias *et al.* (2002) *A. graveolens* está entre as 10 espécies mais bem posicionadas segundo o índice de valor de importância para a sub região baixa da Bacia do rio Tibagi, a soma dos IVIs destas 10 espécies perfaz 40,58% do IVI (índice de valor de importância) total da região. Sendo, portanto uma das mais importantes na caracterização das florestas ciliares da Bacia do rio Tibagi.

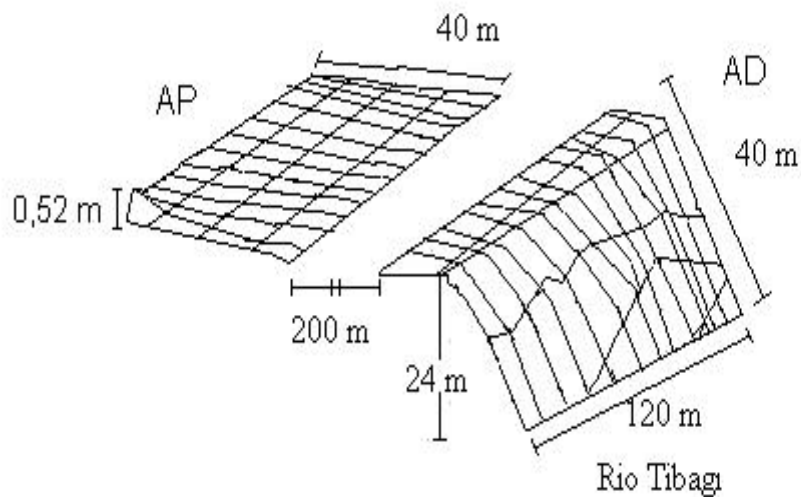
## 2.3 DELIMITAÇÃO DAS PARCELAS DE ESTUDO

Para estudar os vários aspectos da biologia da população de *Astronium graveolens* Jacq. nas três áreas amostrais, demarcou-se 50 parcelas de 100m<sup>2</sup> nas áreas plana e declive da FD e na área plana da porção norte do PEMG.

Para o melhor conhecimento das características abióticas das áreas amostradas na FD, foram avaliados: afloramento rochoso; média do número de indivíduos arbóreos adultos, independente da espécie, por parcela; índice de cobertura vegetal com um densiômetro; pH e umidade do solo; volume e massa da serapilheira (Tabela 1); declividade das parcelas com um clinômetro (Tabela 1 e Figura 3); análise textural do solo através de análise granulométrica. A área plana apresenta solo predominantemente argiloso, argila siltoso e franco argiloso siltoso e a área de declive o predomínio é de solo franco argiloso e franco.

**Tabela 1-** Caracterização ambiental das áreas plana (AP) e de declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Média  $\pm$  erro padrão

Parâmetros avaliados	AP	AD
Número de indivíduos arbóreos parcela <sup>-1</sup>	10 $\pm$ 0,51	9 $\pm$ 0,35
Porcentagem de cobertura vegetal parcela <sup>-1</sup>	74 $\pm$ 1,10	64 $\pm$ 0,93
Massa serapilheira parcela <sup>-1</sup> (Kg)	0,10 $\pm$ 0,02	0,198 $\pm$ 0,01
Volume serapilheira parcela <sup>-1</sup> (mL)	2001 $\pm$ 68,1	1884 $\pm$ 90,5
Diferença de altitude entre as regiões mais alta e mais baixa de cada área (m)	0,52	24
Afloramentos rochosos (%)	0	60 $\pm$ 0,4
pH do solo	6,1 $\pm$ 0,02	6,4 $\pm$ 0,02
Umidade do solo (%)	78 $\pm$ 1,49	57 $\pm$ 1,08



**Figura 3** – Relevo das áreas amostradas, plana (AP) e declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil.

Os resultados estão apresentados sob a forma de dois artigos que seguem as normas da Revista Brasileira de Botânica (anexo).

## **CAPÍTULO 1**

DEMOGRAFIA E ESTRUTURA ESPACIAL DE *ASTRONIUM GRAVEOLENS* JACQ. (ANACARDIACEAE) EM  
ÁREAS TOPOGRAFICAMENTE DISTINTAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL  
SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL.

Ana Paula Pavanelli <sup>1</sup>

José Antonio Pimenta <sup>2</sup>

### RESUMO

Visando observar se num período de um ano a variação demográfica da população de *A. graveolens* é diferente entre áreas íngreme e plana, e também se o padrão espacial da população difere entre as áreas, foram demarcadas duas áreas de 0,5 ha cada (uma plana e uma declivosa) em um mesmo fragmento (23° 16's e 51° 03'W). Para o estudo de estrutura espacial foi demarcada também uma área plana do Parque Estadual Mata dos Godoy (23° 27's e 51° 15'W). Foi utilizado o modelo de matrizes para o estudo demográfico. A estrutura espacial foi analisada usando o coeficiente de autocorrelação espacial dado pelo coeficiente Moran *I*. Observou-se maior variação demográfica e maior abundância de indivíduos na área declivosa do que no platô (1082 e 220, respectivamente). Além disso, na área de declive verificou-se agregação dos indivíduos formando maiores manchas. Os resultados de demografia e estrutura espacial correlacionados com variáveis bióticas e abióticas indicam que, as diferenças topográficas resultam em características microambientais próprias em cada área, que possibilitam maior disponibilidade de sítios favoráveis ao estabelecimento e desenvolvimento de maior número de indivíduos de *A. graveolens* na área declivosa.

Palavras-Chave: *Astronium graveolens*. Demografia. Estrutura espacial. Autocorrelação espacial. Topografia.

### ABSTRACT

In order to consider if, within one year, the demographic variation is different between steep and flat areas, and also if the spatial pattern of the population differs between them, two areas of 0,5 ha each were delimited (a flat area and a sloped area) in the same fragment (23°16'S and 51°03'W). To study spatial structure, a flat area of Mata dos Godoy State Park was also demarcated (23 ° 27'S and 51 15'W). The matrix model was used to study demography and the spatial structure was analyzed using the coefficient of spatial autocorrelation, that is given by *I* of Moran. There was greater demography variation and greater abundance of individuals in the sloped area compared to the flat area (1082 and 220, respectively). Furthermore, in the slope there was aggregation of individuals forming larger patches. The results of demographic and spatial structure correlated with biotic and abiotic variables suggests that, the topographic differences result in proper microhabitats in each area, enabling greater availability of sites that support the establishment and development of a greater number of individuals of *A. graveolens* in declivity (the sloped area).

---

<sup>1</sup> Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina.  
Email: ana.pavanelli.bio@hotmail.com.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Animal e Vegetal –CCB, Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, Londrina, PR- 86051-970.

Key words: *Astronium graveolens*. Demography. Spatial structure. Spatial autocorrelation. Topography.

## Introdução

As Florestas Tropicais podem ser consideradas mosaicos dinâmicos de vegetação influenciados por diferentes condições abióticas e bióticas (Martinez-Ramos, Alvarez-Buylla & Sarukhan 1989). Essas diferentes condições atuam na dinâmica de populações, impondo mudanças no número de plantas no tempo e no espaço (Jardim & Cunha 1998), por alterar as taxas de natalidade e mortalidade dos indivíduos (Ramirez & Arroyo 1990, Alvarez-Buylla & Martinez-Ramos 1992, Bullock *et al.* 1996, Matos & Amaral 1999, Liang & Seagle 2002), a taxa de fecundidade (Bullock, Silvertown & Hill 1996, Martini 1996, Martinez-Ramos *et al.* 1989), e/ou a taxa de recrutamento (Alvarez-Buylla & Martinez-Ramos 1992, Matos & Amaral 1999, Salomão, Matos & Rosa 2002).

A demografia de espécies arbóreas pode ser muito irregular em pequenas escalas temporais e espaciais (Sheil & May 1996). Estudos demográficos fornecem subsídios para o entendimento de como o tamanho das populações afeta a probabilidade de extinção. São usados modelos demográficos para prever como o manejo pode afetar o crescimento ou a viabilidade (risco de extinção ou quase extinção) da população, fornecendo assim uma base ecológica para a tomada de decisão (Norris & Mcculloch 2003).

Estudos têm apontado que um dos principais fatores atuando na composição florística e estrutural das florestas é a heterogeneidade de ambientes que compõem uma mesma floresta ou fragmento florestal, um exemplo é a topografia, que pode ocasionar variações na umidade do solo e diferentes graus de luminosidade, podendo assim influenciar na distribuição espacial e no desenvolvimento das plantas das diferentes espécies (Cardoso & Schiavini 2002; Durigan, Rodrigues & Schiavini 2000; Botrel *et al.* 2002; Carvalho<sup>2</sup> *et al.* 2005; Rocha *et al.* 2005).

A topografia tem sido considerada como a mais importante variável na distribuição espacial dos indivíduos e na estrutura das florestas tropicais, porque ela comumente está intimamente relacionada com as mudanças nas propriedades dos solos, particularmente no regime de água e na fertilidade. A correlação entre distribuição de espécies arbóreas, variáveis do solo e topografia tem sido demonstrada em estudos com florestas tropicais (Oliveira Filho & Carvalho 2001; Espírito Santo, Oliveira-Filho & Machado 2002; Souza *et al.* 2003; Carvalho<sup>1</sup> *et al.* 2005).

Os padrões espaciais são um ponto crucial em várias teorias ecológicas, pois muitas idéias partem do princípio de que indivíduos próximos no espaço e no tempo estão mais sujeitos a serem influenciados pelos mesmos processos locais (Legendre & Fortin 1989). Um fator muito importante de ser considerado, quando se analisam fenômenos desta natureza, é a autocorrelação espacial, segundo a qual amostragens de indivíduos localizados próximos uns dos outros têm uma maior tendência a serem similares (Dale 1999).

O fragmento florestal em que esse estudo foi desenvolvido está situado às margens do rio Tibagi e distribui-se como uma área íngreme próximo ao rio e uma região plana mais distante do rio e com maior altitude. Visando comparar a demografia e a distribuição espacial de *Astronium graveolens*, uma espécie comum nas duas porções do fragmento florestal, foram propostas as seguintes questões: (1) num período de um ano a variação demográfica da população de *A. graveolens* é diferente entre a área íngreme e a área de platô? (2) o padrão espacial da população difere entre as áreas? (3) como as variáveis abióticas estão relacionadas com a diferença de abundância de indivíduos de *A. graveolens* entre as áreas?

## **Material e Métodos**

A espécie estudada foi *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae), conhecido como guaritá. Árvore de dossel de 15 a 25 m de altura, comumente com diâmetro máximo de 40 a 60 cm. É uma espécie decídua, heliófita, com reprodução sexuada. A floração acontece nos meses de agosto e setembro e frutificação nos meses de outubro e novembro, produzindo anualmente grande quantidade de sementes que são dispersas por anemocoria. Ocorre em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul (Lorenzi 1998).

Segundo Dias *et al.* (2002) *A. graveolens* está entre as 10 espécies mais bem posicionadas no Baixo Tibagi, região onde está situada a área do presente estudo, a soma dos IVIs destas 10 espécies perfaz 40,58% do IVI (índice de valor de importância) total da região. Sendo, portanto uma das mais importantes na caracterização das florestas ciliares da Bacia do rio Tibagi. Esta bacia é uma das maiores do estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil.

Os estudos de demografia e de estrutura espacial foram desenvolvidos num fragmento florestal com área aproximada de 100 ha, localizado na Fazenda Doralice (FD) situada no município de Ibiporã, PR, Brasil, nas coordenadas 23° 16'S e 51° 03'W a 480m de

altitude. O município de Ibiporã apresenta 3% de cobertura florestal original (Fundação S.O.S Mata atlântica, 2008). O remanescente florestal onde foi desenvolvido este estudo é uma floresta ciliar localizada na margem esquerda do Rio Tibagi, classificada como Floresta Estacional Semidecidual, que possui uma região íngreme de declive bastante acentuado adjacente à margem do rio Tibagi seguido de área plana distando aproximadamente 800 m da margem.

Considerando que não se tem um histórico seguro que a área do fragmento da FD não sofreu alterações ambientais significativas, foram também desenvolvidas avaliações, no ano de 2008, somente da estrutura espacial dos indivíduos de *A. graveolens* em uma área de Floresta Estacional Semidecidual, plana, bastante preservada e com histórico conhecido. Esta área situa-se na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), localizado no município de Londrina, PR, Brasil, nas coordenadas 23° 27's e 51° 15'W com aproximadamente 680 ha e altitude em torno de 600 m, distando aproximadamente 27 km em linha reta da Fazenda Doralice. O PEMG é o mais importante remanescente florestal do município de Londrina que apresenta 7% de cobertura florestal original (Fundação S.O.S Mata Atlântica, 2008).

Para os estudos de demografia e de estrutura espacial, nas duas áreas amostradas na Fazenda Doralice (área declivosa (AD) e plana (AP)), e para o estudo de estrutura espacial na área plana do PEMG (AG) foram demarcadas 50 parcelas de 100 m<sup>2</sup> (10x10m), perfazendo um total de 0,5 ha em cada área.

Tanto para o estudo de demografia quanto estrutura espacial, em cada área demarcada, indivíduos de *A. graveolens* de todas as idades foram localizados, contados e dentro de cada parcela foram marcados com plaquetas metálicas numeradas. Para as avaliações demográficas foram registradas a mortalidade e o ingresso de plantas num período de um ano.

Para o estudo da demografia os indivíduos foram separados em classes de tamanho, considerando o descritor “altura”, em metros. Foram separadas as seguintes classes (C), C1: >0 a 0,25; C2: >0,25 a 0,5; C3: >0,5 a 1; C4: >1 a 2; C5: >2 a 4; C6: >4 a 8; C7: >8 (indivíduos reprodutivos) de altura e a dinâmica entre essas classes foi descrita utilizando-se de matrizes (Caswell 1989),

$$n(t+1) = A \cdot n(t),$$

onde  $n$  é um vetor coluna cujo os elementos  $n^i$  são os números de indivíduos em cada categoria no tempo  $t$  ou  $t + 1$ , e  $A$  representa a matriz quadrada com a probabilidade de transição entre as classes de tamanho (matriz de transição).

As variações demográficas, num período de um ano para *A. graveolens*, foram observadas utilizando-se do modelo de matrizes de Lefkovitch (1965) para estimar a taxa de crescimento finita da população ( $\lambda$ ), no período de agosto de 2007 á agosto de 2008. As estimativas foram feitas utilizando-se do programa RAMAS/Stage, versão 1.2 (Ferson 1990). Nas matrizes, cada elemento  $a_{ij}$  representa a probabilidade de transição da categoria  $j$  para a categoria  $i$  no período de um ano. Os elementos na primeira linha representam a contribuição de cada categoria  $j$  para a categoria  $>0$  a 0,25m de altura, que no caso dos adultos será estimada pela divisão do número de ingressantes pela quantidade de adultos ( $> 8$  m de altura) (fecundidade). Os elementos na diagonal principal ( $a_{ij}$ , com  $i=j$ ) representam a probabilidade de permanência na mesma classe de tamanho, enquanto os elementos na subdiagonal ( $a_{ij}$ , com  $i-l-j$ ) representam a probabilidade de transição de uma classe de tamanho para a próxima (crescimento). O restante das entradas  $a_{ij}$  representam regressão de classe de tamanho, devido à quebra, que constituem os elementos acima da diagonal principal (Olmsted & Alvarez-Buylla 1995).

A estrutura espacial de *A. graveolens*, nas três áreas amostradas, foi analisada usando o coeficiente de autocorrelação espacial dado pelo coeficiente Moran  $I$ . O Moran  $I$  é calculado por classes de distância diferentes, que tipicamente variam entre  $-1$  (repulsão) e  $+1$  (agrupado). Existe autocorrelação, ou negativa ou positiva, quando é possível prever o valor que a variável ocorre em um dado local em relação ao valor que a mesma variável ocorre em outro ponto amostral de posição conhecida. A hipótese nula é que o coeficiente de cada classe de distância não é significativamente diferente de zero, indicando casualidade (Legendre & Fortin 1989).

Valores positivos para o coeficiente Moran  $I$  indicam autocorrelação positiva; valores negativos de Moran  $I$  indicam autocorrelação negativa, (Rossi & Quénéhervé 1998; Diniz-Filho, Bini & Hawkins 2003).

As distâncias espaciais podem ser particionadas em classes discretas, criando sucessivas matrizes e permitindo a computação de diferentes valores de Moran  $I$  para a mesma variável. Dessa forma, é possível avaliar o comportamento da autocorrelação como função da distância espacial, em gráfico chamado correlograma, que fornece uma descrição do padrão espacial dos indivíduos na área amostrada (Diniz-Filho *et al.* 2003).

A significância geral dos correlogramas foi testada aplicando-se o critério de Bonferroni (Bonferroni criterion; Oden 1984), de modo que, para um nível de significância  $\alpha = 0,05$ , o correlograma é considerado globalmente significativo quando pelo menos um dos valores de  $I$  for significativo para um nível de significância  $\alpha/k$ , sendo  $k$  o número de classes de distância usado (neste caso, 13 classes).

Para avaliar possíveis correlações entre a distribuição espacial de *A graveolens* com diferentes variáveis abióticas nas áreas planas e de declive da Fazenda Doralice, foi medido o índice de cobertura vegetal de cada uma das 100 parcelas de AD e de AP. Para cada parcela foi usada a média de quatro medidas, sendo cada uma voltada para um dos diferentes vértices da parcela. Os índices de cobertura foram obtidos utilizando-se um densiômetro de cobertura esférico (Lemmon 1956), com medidas feitas a altura do peito. Além disso, foram avaliados também a declividade das áreas, a massa e volume de serapilheira, o pH e umidade do solo.

A declividade foi medida com o auxílio de um clinômetro que gera a inclinação em graus de cada parcela. A serapilheira foi coletada, uma amostra por parcela, com auxílio de um gabarito de madeira 50 x 50 cm, mediu-se o volume com o auxílio de um balde graduado, após secagem este material foi pesado numa balança digital, calculou-se então a média da massa e do volume para cada área (AP e AD). Para obter o pH e umidade do solo utilizou-se de um medidor de pH e umidade do solo.

Para se obter a correlação da distribuição espacial dos indivíduos com as diferentes variáveis abióticas, na presença de autocorrelação espacial, é necessário remover o efeito “espacial” antes de concluir qual das variáveis está de fato correlacionada (similar a um teste de correlação parcial). Isto foi obtido pelo teste parcial de Mantel (Smouse, Long & Sokal 1986). O coeficiente de correlação significativo para o teste de Mantel ( $r$ , com um valor de -1 a +1) indica que a relação que existe entre duas variáveis não é relacionada à estrutura espacial comum (Legendre & Fortin 1989). O nível de significância para esse teste foi determinado com 720 permutações aleatórias. As análises de autocorrelação espacial e o teste de Mantel foram realizados utilizando-se o software Passage 2 (Rosenberg 2001).

Para produzir uma ordenação das parcelas a partir do número de indivíduos e de diferentes variáveis ambientais, foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). A ACP é uma técnica muito aplicada para reconhecimento de padrão, sendo possível explicar a discrepância de um grande número de variáveis correlacionadas. Indica também as associações entre variáveis, reduzindo assim, a dimensão do número de dados. A partir da ACP podem-se extrair os autovalores e os autovetores da matriz de covariância de um grupo

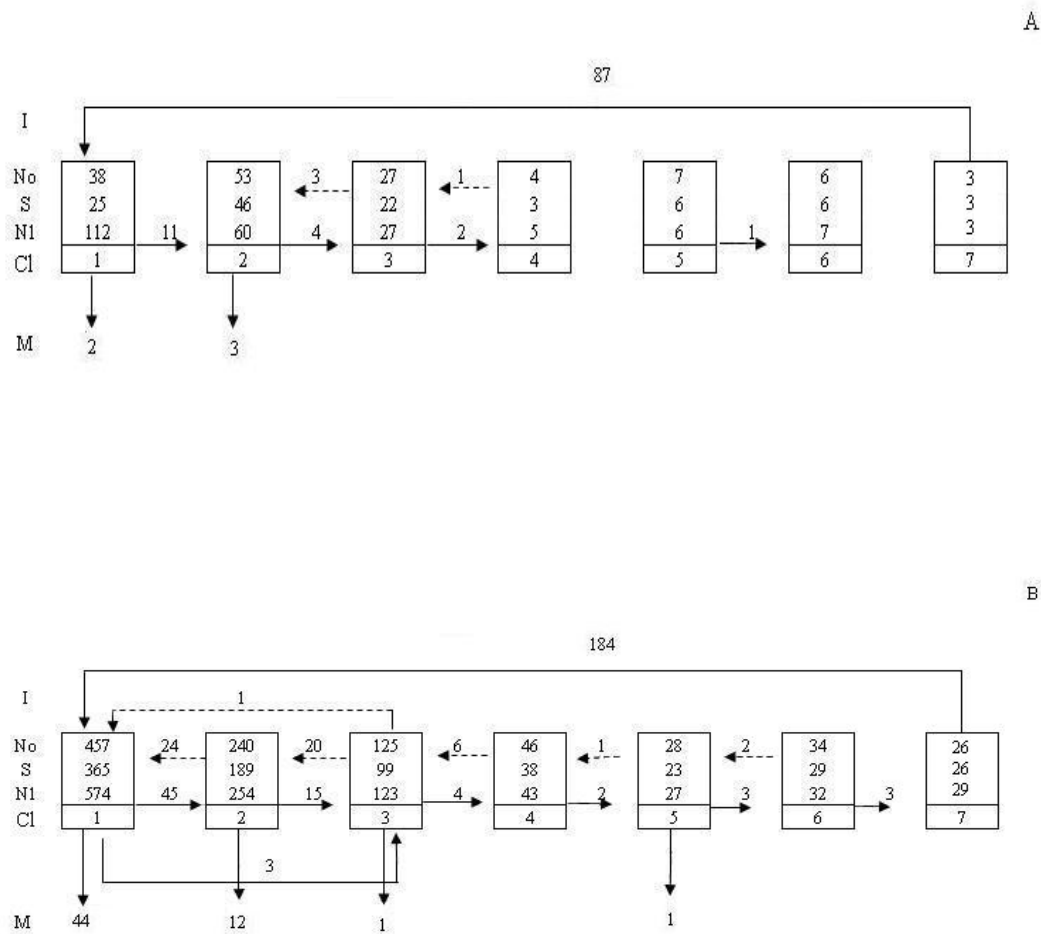
de variáveis originais. As componentes principais (CPs) são as variáveis não correlacionadas, obtidas multiplicando-se as variáveis correlacionadas originalmente com os autovetores (*loadings*). Os autovalores dos CPs são as medidas das discrepâncias associadas à participação das variáveis originais nos CPs e são determinados pelos *loadings*. Os elementos de transformação das novas variáveis são chamados de escores (Hong *et al.* 2005, Soares *et al.* 1999 citado por Santos & Santos 2008).

Assim, a matriz analisada contém as variáveis: número de indivíduos, índice de cobertura vegetal, umidade e pH do solo, massa e volume de serapilheira e declividade. As variáveis expressas em proporção foram transformadas pela expressão  $\sqrt{x}/100$ . Para a construção do diagrama, foram utilizadas as parcelas para verificar sua correspondência com as variáveis da ACP. A análise de componentes principais foi feita no programa SPAD versão 3.5. (Cisia-Ceresta 1998).

Para melhor conhecimento do fragmento florestal da Fazenda Doralice foram realizadas, também, análises texturais do solo, também chamada de análise granulométrica, esta análise tem a finalidade de se determinar as principais frações granulométricas que compõe um tipo ou classe de solo e que são normalmente divididas em Areia, Silte e Argila. A análise granulométrica do solo foi realizada em três etapas: aplicação de pré-tratamentos para remoção de agentes cimentantes e floculantes, dispersão da amostra de solo e quantificação das frações do solo. Para quantificar as frações do solo, há necessidade de separá-las previamente. Dependendo do tamanho, utiliza-se o peneiramento, para as frações areia grossa e areia fina, e a sedimentação, para as frações silte e argila. Calcula-se então a proporção da fração silte no sistema por subtração das outras frações em relação à amostra original (Barreto 1986, Gee & Bauder 1986).

## **Resultados**

O número de indivíduos de *A. graveolens* Jacq. no fragmento florestal da FD variou no período de 2007-2008, na área plana houve o ingresso de 87 indivíduos e cinco mortes, pertencentes às classes de tamanho de >0 a 0,25 m (2 indivíduos) e >0,25 a 0,5 m (3 indivíduos) (Figura 1A). Para a área declivosa houve o ingresso de 184 indivíduos e 58 mortes, estes pertenciam às classes de tamanho de >0 a 0,25 m (44 indivíduos); >0,25 a 0,5 m (12 indivíduos); >0,5 a 1 m ( 1 indivíduo) e >2 a 4 m (1 indivíduo) (Figura 1B).



**Figura 1** – Diagrama de caixa representando o ingresso, a mortalidade e o recrutamento dos indivíduos de *Astronium graveolens* nas diferentes classes de tamanho da área plana (A) e da área de declive (B) da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. I= ingressantes ; No= número inicial de indivíduos; N1= número de indivíduos no final; S= permanência na mesma classe; M= mortos. Cl= classes de altura: 1=  $>0$  a 0,25; 2=  $>0,25$  a 0,5; 3=  $>0,5$  a 1; 4=  $>1$  a 2; 5=  $>2$  a 4; 6=  $>4$  a 8; 7=  $>8$  (indivíduos reprodutivos). As linhas tracejadas indicam indivíduos que quebraram (regressão), linhas contínuas indicam indivíduos que cresceram (recrutamento).

A regressão dos indivíduos nas classes de tamanho ocasionado por quebra foi maior na AD e para as classes de menor tamanho ( $>0$  a 0,25 m e  $>0,25$  a 0,5 m) (Figura 1B).

Nas duas áreas estudadas as probabilidades de permanência na mesma classe de tamanho (altura) foram altas. Para AP estas probabilidades foram de 66% para indivíduos de  $>0$  a 0,25 m; 87% para  $>0,25$  a 0,5 m; 81% para  $>0,5$  a 1 m; 75% para  $>1$  a 2 m; 86% para  $>2$  a 4 m e 100% para as demais classes de tamanho (Tabela 1A). As probabilidades para AD foram de 80% para indivíduos de  $>0$  a 0,25 m; 79% para  $>0,25$  a 0,5

m; 79% para > 0,5 a 1 m; 83% para > 1 a 2 m; 82% para > 2 a 4 m; 85% para >4 a 8 m e 100% para as demais classes de tamanho (Tabela 1B ).

A fecundidade diferiu entre as áreas da FD sendo maior para os indivíduos de *A. graveolens* da área plana (AP) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Matrizes de Lefkovitch para *Astronium graveolens* na área plana (AP) e área de declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil (período de 2007 a 2008). Classes de altura: C1: >0 a 0,25; C2: >0,25 a 0,5; C3: >0,5 a 1; C4: >1 a 2; C5: >2 a 4; C6: >4 a 8; C7: >8 (indivíduos reprodutivos).

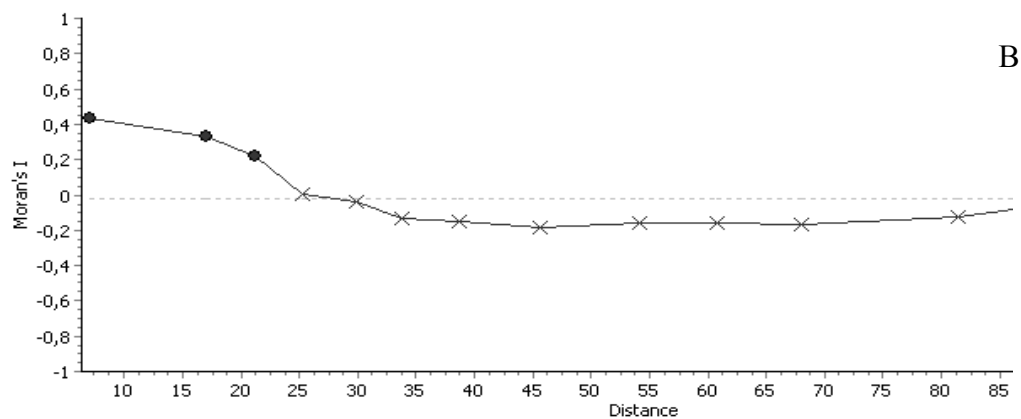
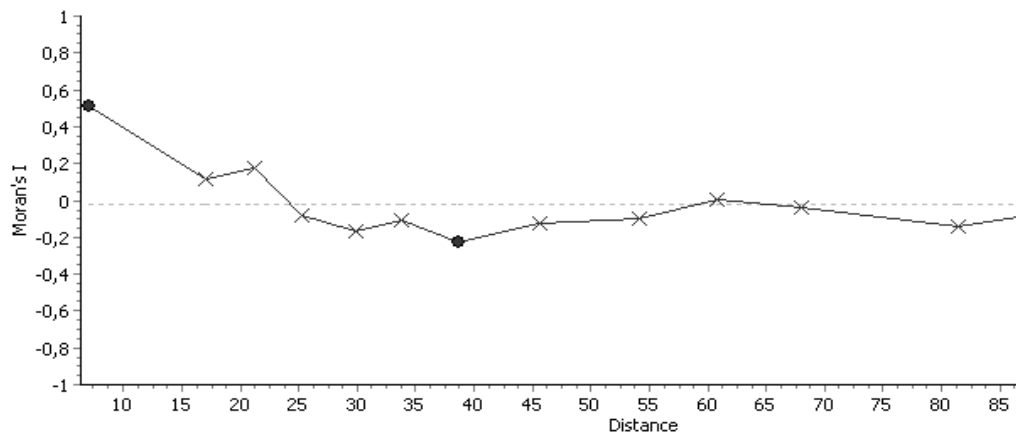
							<b>AP</b>
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0,657	0	0	0	0	0	29
C2	0,289	0,867	0,111	0	0	0	0
C3	0	0,075	0,814	0,25	0	0	0
C4	0	0	0,074	0,75	0	0	0
C5	0	0	0	0	0,857	0	0
C6	0	0	0	0	0,142	1	0
C7	0	0	0	0	0	0	1
							<b>AD</b>
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0,798	0,1	0,008	0	0	0	7,66
C2	0,098	0,787	0,16	0	0	0	0
C3	0,006	0,062	0,792	0,13	0	0	0
C4	0	0	0,032	0,826	0,035	0	0
C5	0	0	0	0	0,821	0,058	0
C6	0	0	0	0	0,107	0,852	0
C7	0	0	0	0	0	0,088	1

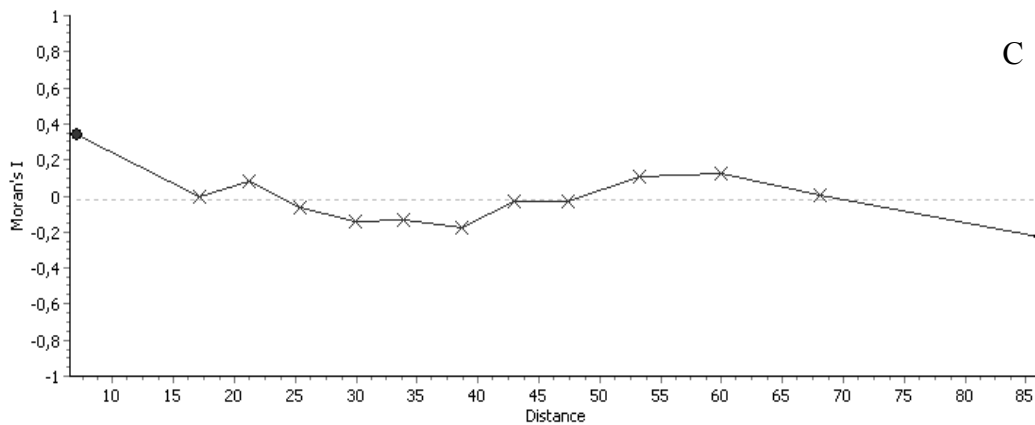
A primeira classe de tamanho (>0 a 0,25 m) foi a que apresentou maior número de indivíduos para as duas áreas da FD. As maiores probabilidades de transição dos indivíduos para a classe seguinte de tamanho foram maiores em AP, sendo os maiores valores de 29% para indivíduos de >0 a 0,25 m; 8% para > 0,25 a 0,5 m; 7,4% para > 0,5 a 1 m e 14% para > 2 a 4 m. Para AD os maiores valores foram de 10% para indivíduos de >0 a 0,25

m; 6,2% para > 0,25 a 0,5 m; 3,2% para > 0,5 a 1 m; 11% para > 2 a 4 m; 9% para > 4 a 8 m e 0,6% para indivíduos que saltaram duas classes de tamanho, passando de >0 a 0,25 m para >0,50 a 1 m de altura.

Se os parâmetros fossem mantidos constantes como os do período estudado (2007-2008), o modelo populacional utilizado prediz que a população de *A. graveolens* iria sofrer pequenas alterações numéricas, diminuindo o seu tamanho principalmente na área declivosa, segundo os valores da taxa finita de crescimento populacional que foram menores que 1 ( $\lambda$  para AP e AD, 0,974 e 0,946 respectivamente).

Os indivíduos de *A. graveolens* apresentaram auto-correlação espacial positiva para curtas distâncias nas três áreas estudadas. No entanto, houve maior semelhança na distribuição espacial entre as áreas planas (AP e AG), que apresentaram manchas de até aproximadamente 8 metros em cada área (Figura 2A e C). Para a área declivosa (AD) as manchas foram de até aproximadamente 20 metros (Figura 2B).

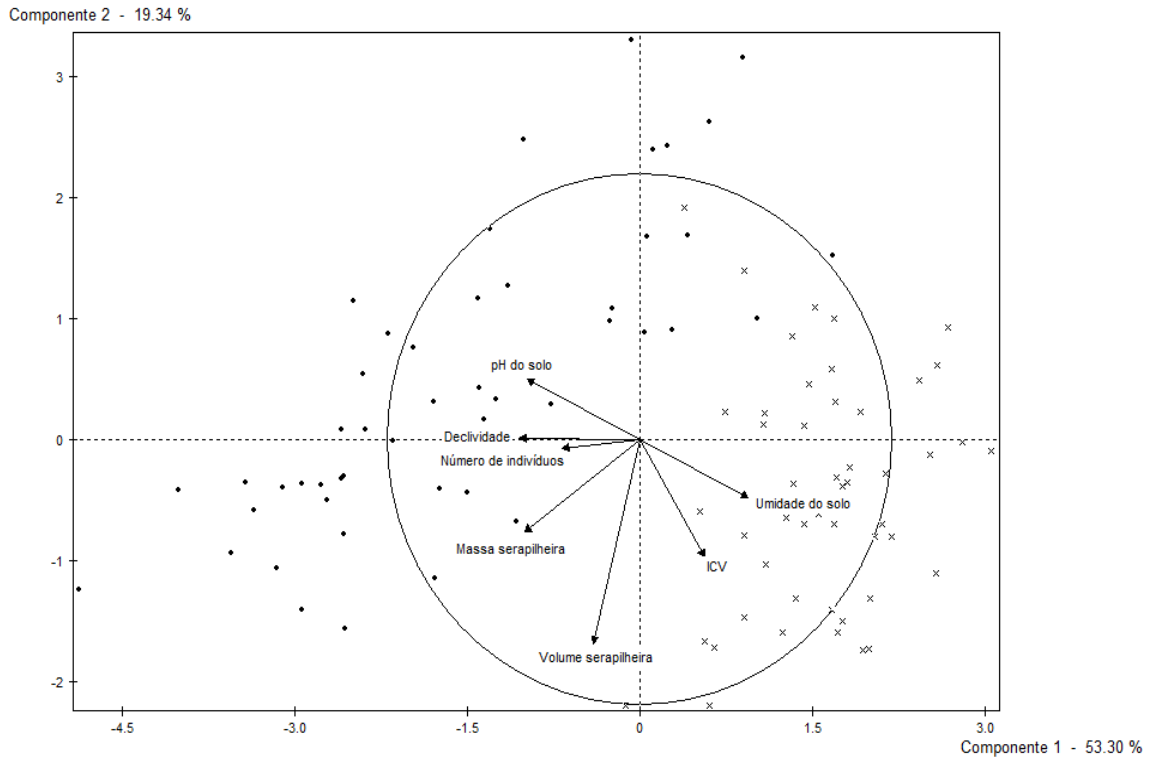




**Figura 2-** Correlograma espacial de distribuição dos indivíduos de *Astronium graveolens*, para 13 classes de distância na área plana (A) e na área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e na área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Os pontos assinalados com x indicam valores não significativos ao nível de significância considerado ( $\alpha=0,05$ ). O ponto cheio indica valor significativo do  $I$  ( $\alpha=0,05$ ).

Dentre as variáveis abióticas analisadas pelo teste de Mantel, a distribuição espacial dos indivíduos de *A. graveolens* correlacionou-se positivamente somente com a declividade na AD ( $p<0,001$ ).

Na análise de ACP apresentada na figura 3, as parcelas são representadas por círculos preenchidos (área de declive) e x (área plana) no espaço formado pelos componentes fatoriais. A proximidade entre duas representações significa a semelhança dos valores das variáveis dessas parcelas. A correlação das variâncias com os dois primeiros componentes da ACP foi de 72,64% (53,30% para o componente 1 e 19,34% para o componente 2), indicando que as variáveis analisadas explicam grande parte dos agrupamentos formados. De acordo com o diagrama gerado pela ACP (Figura 3), foi observada, nitidamente, a formação de dois grupos, grupo 1 à esquerda e grupo 2 à direita do componente 1. O grupo 1 foi constituído quase que exclusivamente pelas parcelas estabelecidas na área declivosa e o grupo 2 com aquelas estabelecidas na área plana. Com o grupo 1 esteve associada principalmente a declividade com correlação superior a 0,92 em relação ao componente 1 e pela massa da serapilheira e o pH do solo, com correlações igual ou superior a 0,85 em relação ao componente 1 (Tabela 2). Com este grupo também esteve associado o número de indivíduos, apresentando correlação de 0,59 em relação ao componente 1. Com o grupo 2 a maior associação foi com a umidade do solo, com correlação de 0,82 em relação ao componente 1 e com o índice de cobertura vegetal, com correlações semelhantes em relação ao componente 1 e 2 (0,50 e 0,51, respectivamente) (Tabela 2).



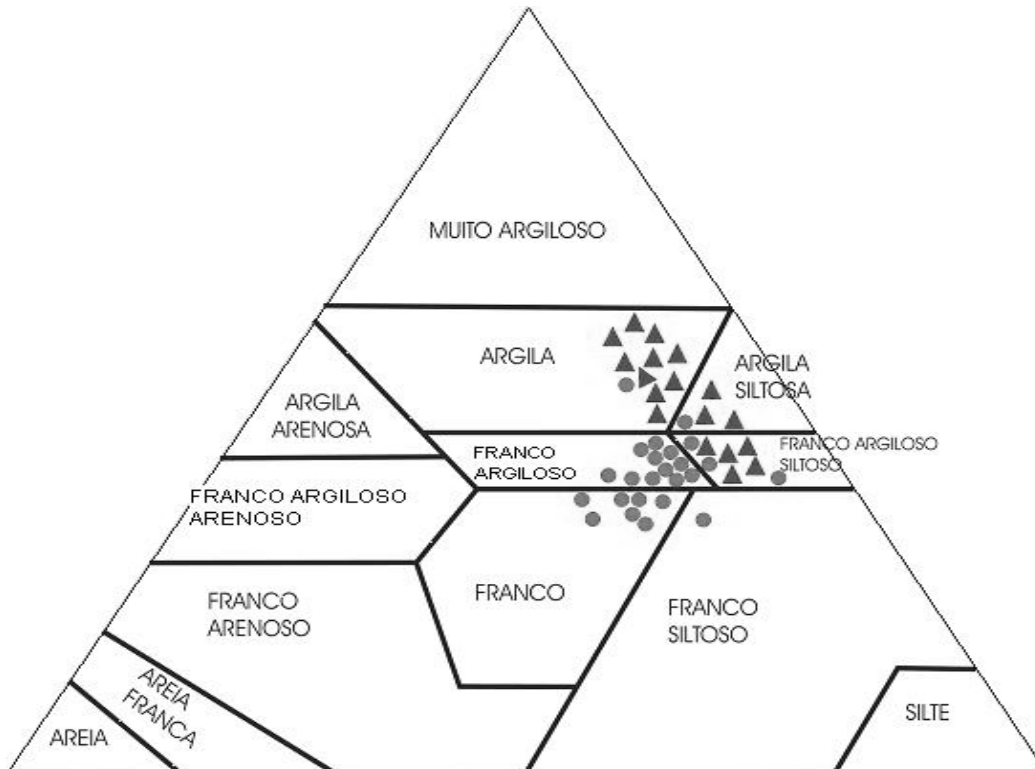
**Figura 3-** Análise de componentes principais representando as parcelas e as variáveis no primeiro plano fatorial. Área plana (x), Área de declive (círculos preenchidos) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil.

**Tabela 2-** Correlação de Pearson ( $r$ ) das variáveis utilizadas na análise de componentes principais nas áreas plana e declive do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil, com os dois primeiros componentes da análise de componentes principais.

Variáveis	Componente 1	Componente 2
Declividade	-0,92	0,01
Volume da serapilheira	-0,35	-0,89
Massa da serapilheira	-0,88	-0,40
pH do solo	-0,85	0,26
Número de indivíduos	-0,59	-0,04
Umidade do solo	0,82	-0,26
ICV	0,50	-0,51

Foi observado também uma diferença na granulometria do solo entre as áreas. A área plana apresentou solo predominantemente argiloso, argila siltoso e franco

argiloso siltoso e a área de declive o predomínio foi de solo franco argiloso e franco, ou seja, solo com partículas maiores (Figura 4).



**Figura 4-** Triângulo de texturas com análise granulométrica do solo do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (triângulos) e área de declive (círculos).

## Discussão

Para o período de um ano (2007-2008) as variações demográficas de *Astronium graveolens* Jacq. apresentaram algumas diferenças entre a área declivosa (AD) e a área de platô (AP). Na AP quando comparada com AD houve mortalidade de uma menor quantidade de indivíduos e apesar de AP ter apresentado uma maior fecundidade, uma pequena quantidade de indivíduos chega até as classes de tamanho maiores (por exemplo, adultos). Considerando a variação demográfica interna de cada área, na AD essa variação foi maior, apresentando, num maior número de classes, recrutamentos para classes maiores e retornos para classes menores, por consequência de quebras.

Possivelmente a diferença do número de indivíduos e do comportamento demográfico apresentado por *A. graveolens* nas duas áreas estudadas seja devido às diferenças abióticas. Considerando a maior abundância de indivíduos desta espécie e a maior dinâmica

demográfica apresentada na AD, é possível sugerir que a declividade, responsável pela menor cobertura florestal e umidade do solo, favoreça não só a emergência, mas também o estabelecimento e o desenvolvimento de um maior número de indivíduos desta espécie que é heliófita (Lorenzi 1998). O maior número de indivíduos de *A. graveolens* na AD, provavelmente seja devido ao seu sucesso competitivo em relação a outras espécies que apresentam uma abundância bem inferior nesta área quando comparada com o platô. Como exemplos, têm-se duas espécies esciófitas (Lorenzi 1998), *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg (Costa, em preparo) e *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart & Enchl.) Engl. (Silva, em preparo), que, assim como *A. graveolens*, apresentam alto índice de valor de importância no fragmento florestal estudado.

Cardoso e Schiavini (2002) através da sobreposição de mapas de distribuição de espécies e topografia verificaram que algumas das espécies são relacionadas positiva ou negativamente às variações de umidade do solo ocasionadas pela topografia, enquanto que outras mostram relação com outros fatores edáficos e condições de luminosidade de bordas e clareiras. Cano (2006) estudando um num trecho de Mata Ciliar no estado de Mato grosso do Sul encontrou os indivíduos de *Myrciastes pungens* (O. Berg) sendo influenciados pela abertura de dossel, sendo este um fator importante para o crescimento e sobrevivência da espécie.

*Astronium graveolens* apresentou maiores taxas de recrutamento e mortalidade nas classes menores, com progressiva redução nas maiores, para as duas áreas. A probabilidade de sobrevivência de *A. graveolens* foi alta, sendo maiores para as classes de maior tamanho, com praticamente nenhuma mortalidade e menores probabilidades de transição no período amostral. Estes resultados indicam que os indivíduos de categorias maiores apresentam variações demográficas mais lentamente, apresentando maior investimento na sobrevivência. Segundo Alvarez-Buylla & Martinez-Ramos (1992), Bernacci (2001) e Gomes, Mantovani & Kageyama (2003) as maiores taxas de mortalidade ocorrem entre os menores indivíduos e diminuem conforme o indivíduo aumenta em tamanho, principalmente para espécies arbóreas (Solbrig & Solbrig 1979). Segundo Marques & Joly (2000) estas taxas, iguais a zero entre subadultos e adultos, são esperadas, pois o período de um ano provavelmente não seja suficiente para se detectar alterações estruturais nas últimas classes de tamanho de populações de espécies arbóreas.

Causas específicas de mortalidade não foram determinadas para cada indivíduo, no entanto para AD a causa das mortes pode ser devido ao arraste de partículas de

solo conseqüência da declividade acentuada da área, o que pode ocasionar o soterramento ou até retirada dos indivíduos menores, sem crescimento secundário.

Se os parâmetros fossem mantidos constantes como os do período estudado (2007-2008), o modelo populacional utilizado prediz que, independente da área da FD estudada, a população de *A. graveolens* iria sofrer pequenas alterações numéricas, segundo os valores da taxa finita de crescimento populacional ( $\lambda$ ) que foram menores que 1. Ou seja, a população de *A. graveolens* iria diminuir, principalmente na área de declive onde o valor de  $\lambda$  foi menor.

Os indivíduos de *A. graveolens* das três áreas apresentaram distribuição agregada, diferindo somente no tamanho máximo possível das manchas, que foram de aproximadamente 8 metros para as áreas planas (AP e AG) e 20 metros para a área declivosa. Estes resultados indicam que os microambientes favoráveis ao estabelecimento de *A. graveolens* apresentam maiores extensões na área declivosa, onde há maior quantidade de indivíduos. Microambientes estes, mais iluminados, com menor umidade e maiores partículas do solo. Marques & Joly (2000) encontraram resultados semelhantes para *Calophyllum brasiliense* Camb., o qual apresentou distribuição agregada devido à topografia do terreno, Resende, Klink & Schiavini (2003) estudando uma população de *Copaifera langsdorffii* Desf, encontraram também distribuição agregada o que poderia estar relacionado à disponibilidade de sítios favoráveis devido a flutuações no nível do lençol freático, erosão e sedimentação.

Segundo Gunatilleke *et al.* (1996), a variação topográfica é um importante fator edáfico, pois cria um mosaico de microambientes que exercem um importante efeito na maneira das diferentes espécies explorarem o ambiente. O que está de acordo com os resultados apresentados por *A. graveolens*, que apresentou uma correlação com a declividade positiva e altamente significativa ( $p < 0,001$ ) pelo teste parcial de Mantel.

A análise de componentes principais demonstrou que as parcelas da área declivosa, apresentaram maiores associações com a declividade, o pH do solo, e a massa de serapilheira, e uma não associação com o ICV e a umidade do solo. Isto indica que o sucesso dos indivíduos na área declivosa tem relação com as variáveis associadas ao declive (menor ICV, maior massa de serapilheira, maior pH do solo e menor umidade do solo) tornando possível a formação de maiores manchas de indivíduos de *A. graveolens* nesta área. Espírito Santo *et al.* (2002) obteve correlações significativas entre variáveis topográficas e edáficas e a distribuição da abundância das espécies vegetais. Souza *et al.* (2003) demonstrou que a heterogeneidade ambiental de um fragmento de floresta semidescídua às margens do rio Capivari no estado de Minas Gerais é caracterizada principalmente pela topografia

acidentada, estando o regime hídrico dos solos correlacionado com a distribuição das espécies. Carvalho<sup>1</sup> *et al.* (2005) encontrou um gradiente de distribuição de espécies arbóreas correlacionado com variações de substrato ao longo da encosta do morro em uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande também em Minas Gerais.

Foi observada maior abundância de indivíduos de *A. graveolens* na AD (1.082) do que no platô (220). Os resultados de demografia e estrutura espacial correlacionados com as variáveis bióticas e abióticas das duas áreas estudadas indicam que esta diferença de abundância se deva às diferenças topográficas que resulta em características microambientais próprias em cada área, por exemplo, na AD menor ICV (AD= 64% e em AP foi de 74%). Sendo assim, na área declivosa as características microambientais, como consequência da topografia, possibilitam maior disponibilidade de sítios favoráveis para o estabelecimento e desenvolvimento de maior número de indivíduos da espécie estudada.

Gabriel *et al.* (2007) estudando uma espécie também heliófita (*Cupania vernalis* Camb.) em áreas topograficamente distintas observaram que na área plana com densa cobertura do dossel, houve restrição no estabelecimento desta espécie. Entretanto, os mesmos autores relatam que segundo Lima Jr. *et al.* (2006) *C. vernalis* apresenta uma grande plasticidade em diferentes condições luminosas, adaptando a morfologia foliar para favorecer as taxas fotossintéticas. A proximidade da estabilidade da população de *A. graveolens* no platô e no declive indica que, apesar da diferença de abundância entre as áreas, esta espécie pode também apresentar plasticidades morfológicas e/ou fisiológicas que favoreça a exploração dos distintos ambientes, o que constitui uma hipótese importante a ser investigada.

Considerando este estudo populacional, claramente pôde ser observado que *A. graveolens* é uma espécie recomendável para a restauração de áreas degradadas que apresentam tanto baixas quanto altas variações topográficas, nas formações vegetais onde esta espécie ocorre, ou seja, na floresta ombrófila densa e na floresta estacional semidecidual do bioma atlântico.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-BUYLLA, E.R. & MARTINEZ-RAMOS, M. 1992. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia*, a neotropical pioneer tree- an evolution of the climax- pioneer paradigm for tropical rain forests. *Journal of Ecology* 80:275-290.
- BARRETO, W. 1986. Eletroquímica de solos tropicais de carga variável: capacidade da dupla camada elétrica. Itaguaí. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- BERNACCI, L.C. 2001. Aspectos da demografia da palmeira nativa *Sygrus romanzoffiana* (Cham.) Glasmann, jerim, como subsídios ao seu manejo. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.0
- BOTREL, R.T., OLIVEIRA FILHO, A.T., RODRIGUES, L.A. & CURI, N. 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25:1958-213.
- BULLOCK, J.M., SILVERTON, J. and HILL, B.C. 1996. Plant demographic responses to environmental variation : distinguishing between effects on age structure and effects on age-specific vital rates. *Journal of Ecology* 84:733-743.
- CANO, E.C. 2006. Estrutura etária e distribuição espacial de *Myrcianthes pungens* (O. Berg) Legrand (Myrtaceae) em um trecho de mata ciliar do rio da Prata, no município de Jardim, Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, MT.
- CARDOSO, E., SCHIAVINI I. 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG) *Revista Brasileira de Botânica* 25:277-289.
- CARVALHO<sup>1</sup>, D.A., Oliveira-Filho, A. T. de, VAN DEN BERG, E., FONTES, M. A. L. , VILELA, E. de A., MELO MARQUES, J. J. G. de S. e, CARVALHO, W. A. C. 2005. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto - Montana às margem do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 19:91-109.
- CARVALHO<sup>2</sup>, D. A., OLIVEIRA FILHO, A. T., VILELA, E. A., CURI, N., VAN DEN BERG, E., FONTES, M. A. L., BOTEZELLI, L. 2005. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil *Revista Brasileira de Botânica* 28:329-345.
- CASWELL, H. 1989. Matrix population models. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- CISIA - CERESTA. 1998. Programa: SPAD for Windows (software). Versão 3.5.
- COSTA, J.A. (Em preparo). Estudo Populacional de *Aspidosperma polyneuron* (Apocynaceae) Muell. Arg. em fragmento de floresta estacional semidecidual, PR. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.
- DALE, M.R.T. *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. 1999. Cambridge University Press, Cambridge, p. 1-6.

- DIAS, M.C.; VIEIRA, A.O.S.; PAIVA, M.R.C. 2002. Florística e fitossociologia das espécies arbóreas das florestas da bacia do rio Tibagi. . In A Bacia do Rio Tibagi, (M.E. Medri, E. Edmilson, O.A. Sibatta & J.A. Pimenta, eds.). Edição dos autores, Londrina, p.109-124.
- DINIZ-FILHO, J. A. F., BINI, L. M., HAWKINS, B. A. 2003. Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography* 12:53-64.
- DURIGAN, G., RODRIGUES, R.R., SCHIAVINI, I. 2000. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In: RODRIGUES, R.R., LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, p.159-167.
- ESPIRITO-SANTO, F.D.B., OLIVEIRA-FILHO, A. T., MACHADO, E. L. M. 2002. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. *Acta Botânica Brasilica* 16:331-356.
- FERSON, S. 1990. Generalized stage- based modeling for population dynamics. Exeter software, Inc., New York.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2009. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica-Período 2005-2008 - Relatório parcial. <http://www.sosmatatlantica.org.br/> (acesso 01/07/2009).
- GABRIEL, C., AZAMBUJA, B. O, GIEHLE, E. L. H, EISINGER, S. M. 2007. Estrutura Populacional de *Cupania vernalis* Camb. em uma Floresta Estacional no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5:624-626.
- GEE, G.W. & BAUDER, J.W. 1986. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. ed. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. P. 383-411. (Agronomy Series, 9)
- GOMES, E.P.C., MANTOVANI, W. & KAGEYAMA, P.Y. 2003. Mortality and recruitment of trees in a secondary montane rain Forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63:47-60.
- GUNATILLEKE, C.V.S, PERERA, G.D., ASHTON, P.M.S, ASHTON P.S., GUNATILLEKE, I.A.U.N. 1996. Seedling growth of *Shorea* section *Doona* (Dipterocarpaceae) in soils from topographically different sites of Sinharaja rain forest in Sri Lanka. In: SWAINE M.D. (ed.). *The ecology of tropical rain forest tree seedlings*. UNESCO, Paris. p.245-263.
- JARDIM, M.A.G. & CUNHA, A.C.C. 1998. Caracterização estrutural de populações nativas de palmeiras do estuário amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi- Botânica* 14:33-41.
- LEFKOVITCH, L.P. 1965. The study of population growth in organisms grouped by stages. *Biometrika* 21:1-18.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetation* 80: 107-138.
- LEMMON, P.E. 1956. A spherical densiometer for estimating forest overstorey density. *Forest sciencen.* 2:341-320.

- LIANG, S.Y. & SEAGLE, S.W. 2002. Browsing and microhabitat effects on riparian forest wood seedling demography. *Ecology* 83:212-227.
- LIMA JR, E.C., ALVARENGA, A.A., CASTRO, E.M., VIEIRA, C.V. & DELFINO BARBOSA, J.P.R.A. 2006. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Revista Árvore* 30:33-41.
- LORENZI, Harri. 1998. Árvores Brasileiras- Manual de Identificação e cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Vol. I. 2ª ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. Em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica* 23:107-112.
- MARTINEZ-RAMOS, M., ALVAREZ-BUYLA, E. & SARUKHAN, J. 1989. Tree demography and gap dynamics in a tropical rain Forest. *Ecology* 70:555-558.
- MARTINI, A.M.Z. 1996. Estrutura e dinâmica populacional de três espécies arbóreas tropicais. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- MATOS, F.D.A. & AMARAL, I.L. 1999. Análise ecológica de um hectare em floresta ombrófila densa de terra-firme, Estrada da Várzea, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 29:365-379.
- NORRIS, K., MCCULLOCH, N. 2003. Demographic models and the management of endangered species: a case study of the critically endangered Seychelles magpie robin *Journal of Applied Ecology* 40:890–899.
- ODEN, N.L. 1984. Assessing the significance of a spatial correlogram. *Geographic Analysis* 16: 1-16.
- OLIVEIRA FILHO, A.T., CURI, N., VILELA, E. A., CARVALHO, D. A. 2001. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in South-eastern Brazil. *Edinburgh Journal Botany* 58:139-158.
- OLMSTED, I. & ALVAREZ-BUYLLA, E. 1995. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecological Application* 5:484- 500.
- RAMIREZ, N. & ARROYO, M.K. 1990. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae, Caesalpinioideae) em los Altos Llanos Centrales de Venezuela. *Biotropica* 22:124-132.
- RESENDE, J.C.F., KLINK, C.A., SCHIAVINI, I. 2003. Spatial heterogeneity and its influence on *Copaifera longsdorffi* Desf. (Casalpinaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology Curitiba* 6:405-414.
- ROCHA, C.T.V., CARVALHO, D.A., FONTES, M.A.L., OLIVEIRA-FILHO, A.T., VAN DEN BERG, E., MARQUES, J.J.G.S.M. 2005. Comunidade arbórea de um continuum entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28:203-218.

- ROSENBERG, M.S. 2001. PASSAGE - Pattern Analysis, Spatial Statistics, and Geographic Exegesis. Department of Biology, Arizona State University, Tempe, AZ.
- ROSSI, J.P., QUÉNÉHERVÉ, P. 1998. Relating species density to environmental variables in presence of spatial autocorrelation: a study case on soil nematodes distribution. *Ecography* 21:117-123.
- SALOMÃO, R.P., MATOS, A.H. & ROSA, N.A. 2002. Dinâmica do sub-bosque e do estrato arbóreo de floresta tropical primária fragmentada na Amazônia Oriental. *Acta Amazônica* 32:387-419.
- SANTOS, J.S. & SANTOS, M.L.P. 2008. Estudo da mobilização de metais e elementos traço em ambientes aquáticos do Semi-árido Brasileiro aplicando análises de componentes principais. *Química Nova* 31:1107-1111.
- SHEIL, D. & MAY, R.M. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. *Journal of Ecology* 84:9-100.
- SILVA, V. T. (em preparo). Estudo Populacional de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. (Sapotaceae) em áreas topograficamente distintas de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do sul do Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.
- SMOUSE, P.E., LONG J.C. AND SOKAL, R.R. 1986. Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondence. *Systematic Zoology* 35: 627-632.
- SOLBRIG, O.T. & SOLBRIG, D.J. 1979. Introduction to population biology and evolution. Reading. Addison-Wesley. 468 p.
- SOUZA, J.S., BON ESPÍRITO-SANTO, F. D., LEITE FONTES, M. A., OLIVEIRA-FILHO, A. T. de, BOTEZELLI, L. 2003. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. *Revista Árvore* 27:185-206.

## **CAPITULO 2**

ESTRUTURA DE TAMANHO E RELAÇÕES ALOMÉTRICAS DE *ASTRONIUM GRAVEOLENS* JACQ.  
(ANACARDIACEAE) EM ÁREAS TOPOGRAFICAMENTE DISTINTAS DE FRAGMENTOS DE FLORESTA  
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL.

Ana Paula Pavanelli<sup>3</sup>

José Antonio Pimenta<sup>4</sup>

**RESUMO**

Visando comparar a arquitetura e a estrutura de tamanho dos indivíduos de *A. graveolens* em áreas topograficamente distintas, foram demarcadas três áreas de amostragem de 0,5 ha cada, sendo duas em área plana (AP e AG) e uma em área declivosa (AD). Os indivíduos foram marcados e mediu-se a altura e DAS (diâmetro altura solo). Utilizou-se o teste de Kolmogorov e Smirnov para comparar as distribuições de tamanho e ANCOVA para testar as possíveis diferenças arquiteturas através dos descritores a e b da equação da reta. Houve diferenças temporais na estrutura de tamanho para altura e para diâmetro dos indivíduos de AP. As estruturas de tamanho (altura e diâmetro) dos indivíduos de AD não apresentaram diferenças temporais. Observou-se diferença quando comparados o grupo de indivíduos de AP com AG e AD com AG no ano de 2008, para altura e para diâmetro. A altura explicou uma grande proporção da variação do diâmetro da população de *A. graveolens* nas três áreas ( $r^2$  entre 0.894 e 0.958). A proporção de crescimento entre diâmetro e altura observada para *A. graveolens* na área declivosa AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade elástica ( $d \propto h^{1,5}$ ), enquanto que nas áreas planas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) e AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade geométrica ( $d \propto h$ ). Ou seja, para AD um aumento de uma unidade na altura (1 m) corresponde a um aumento maior que uma unidade no diâmetro (1,46 cm). Para AP e AG essa proporção foi de aproximadamente 1:1. Possivelmente isso esteja relacionado à maior insegurança do substrato e a movimentação das partículas do solo devido a declividade do terreno. Além disso, o investimento menor em altura, também está relacionado a menor competição por luz na AD que apresenta menor cobertura do dossel. Esta capacidade de *A. graveolens* em apresentar estrutura de tamanho e formas diferentes em áreas topograficamente distintas, possivelmente seja uma importante explicação da presença dessa espécie em áreas com grandes variações no relevo.

**Palavras-Chave:** *Astronium graveolens*. Tamanho de estrutura. Relações Alométrica. Similaridade geométrica. Floresta Estacional Semidecidual.

**ABSTRACT**

To compare the architecture and size structure of *Astronium graveolens* individuals in areas with distinct topography, were demarcated three sampling areas of 0,5 ha each, two in flat area (AP and AG) and another sloped (AD). Individuals were marked and measured the height and diameter (ground height). Using the Kolmogorov and Smirnov test to compare the distributions of size and ANCOVA to test possible architectural differences descriptors a and b through the straight's equation. There was temporal differences in size structure to height and diameter of individuals in AP. The size structures (height and diameter) of AD showed no

<sup>3</sup> Pós- graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina.  
Email: ana.pavanelli.bio@hotmail.com

<sup>4</sup> Departamento de Biologia Animal e Vegetal – CCB, Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, Londrina, PR- 86051-970.

temporal differences between. Difference was observed when compared the individuals group of AP with AG and AD with AG in 2008 year, for height and diameter. The height explained a large proportion of the variation of the diameter to *A. graveolens* population in three areas ( $r^2$  between 0,894 and 0,958). The proportion of growth between the diameter and height observed for *A. graveolens* in sloping AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) approaches the model of elastic similarity ( $d \propto h^{1,5}$ ), while in the plane areas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) and AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) approximated to the geometric similarity model ( $d \propto h$ ). That is, for AD an increase by one unit in height (1 m) corresponds to an increase greater than one unit in diameter (1.46 cm). For AP and AG this proportion was approximately 1:1. Possibly this is related to the greater substrate uncertainty and movement of soil particles due to the slope of the land. Furthermore, the less investment in height, is also related to less competition for light in AD that displays lower canopy cover. This ability of *A. graveolens* in shows size structure and different forms in areas with distinct topography, possibly being an important explanation for the presence of this species in areas with large variations in topography (sloped areas).

Key words: *Astronium graveolens*. Size structure. Allometric relationship. Semideciduos forest.

## Introdução

A estrutura de tamanho de uma população pode demonstrar sua forma de regeneração no passado e no presente (Knowles & Grant 1983, Agren & Zackrisson 1990 citado por Marques e Joly 2000). A maioria das populações de plantas mostra uma distribuição com predominância de indivíduos nas classes menores e poucos nas maiores (Solbrig 1981). Este padrão pode ser explicado como sendo conseqüência da permanência de plântulas nesta classe, por longos períodos, até ocorrer a queda de uma árvore ou uma alta mortalidade, que ocasionariam um crescimento rápido posterior (Webb *et al.* 1972).

As estruturas populacionais são influenciadas por fatores bióticos e/ou abióticos sobre as taxas de crescimento e mortalidade dos indivíduos de uma população de plantas, bem como por eventos de recrutamento que ocorreram no passado (Hutchings 1998, Hay *et al.* 2000).

Alguns estudos como o de Oliveira Filho *et al.* (2001) restringiram-se ao conjunto de árvores adultas, mas para melhor compreensão do comportamento demográfico de uma espécie e para avaliar a influência das condições naturais do ambiente sobre as estruturas das populações é importante que se conheça desde plântulas até os indivíduos adultos (Jardim & Cunha 1988). No entanto fazer previsões sobre a população baseada apenas em sua estrutura, não é suficiente, sendo necessário avaliar também os padrões de mortalidade e crescimento de uma população (Henriques & Sousa 1989, Martini 1996).

Em uma determinada área florestal a estrutura de tamanho de uma população de plantas pode variar naturalmente em diferentes épocas em face, por exemplo, dos recrutamentos episódicos e abertura do dossel. Alguns autores têm observado que uma mesma espécie pode apresentar diferenças na estrutura de tamanho em diferentes formações florestais (Ramirez & Arroyo 1990) e entre sítios dentro de uma mesma formação (Milton *et al.* 1993, Olmsted & Alvarez-Buylla 1995, West 1995).

Os estudos de relações alométricas, que é a expressão quantitativa da arquitetura dos indivíduos de uma população ou comunidade, em plantas são importantes para a compreensão de aspectos ecológicos e evolutivos e os modelos gerados a partir desses estudos podem ser ferramentas poderosas de previsão em ecologia (Bond *et al.* 1999).

As relações alométricas em plantas têm sido objetos de estudos exaustivos, pois as mesmas apresentam informações importantes sobre a interação planta-ambiente, além de fornecer subsídios para o entendimento da estrutura e dinâmica de populações vegetais (King 1996 citado por Siqueira 2006) e conseqüentemente das florestas, permitindo melhor compreensão dos aspectos ecológicos e evolutivos (Sposito & Santos 2001, Bond *et al.* 1999).

Muitos caracteres morfológicos e de desenvolvimento de diferentes partes de um indivíduo variam dependendo da arquitetura específica, do microambiente, do grau de restrição ecológica onde este iniciou seu crescimento e da fase de desenvolvimento em que a planta se encontra, pois os indivíduos sofrem transformações ao longo do seu crescimento (Niklas 1994, Sterck & Bongers 2001, Alves & Santos 2002). Tudo isso provoca variações consideráveis na sua alometria (Cornelissen 1999, Dalling, Lovelock & Hubbell 1999, Nishimura & Suzuki 2001, Wright & Westoby 2001).

O fragmento florestal em que este estudo foi desenvolvido está situado às margens do rio Tibagi, estado do Paraná-BR e distribui-se como uma área íngreme próximo ao rio e outra mais distante do rio, com maior altitude, caracterizada como platô. É possível que esta diferença topográfica provoque outras diferenças abióticas que causem variações na ecologia de indivíduos de espécies, como *Astronium graveolens* Jacq. utilizada neste estudo, que ocorrem nas duas áreas. Com o objetivo de comparar a estrutura de tamanho e a arquitetura das plantas do grupo de indivíduos de *A. graveolens* que ocorre no platô com aquele da área de declive foram levantadas as seguintes questões: (1) existem diferenças na estrutura de tamanho e na forma dos indivíduos das áreas de platô comparado com os da área de declive? (2) para cada área estudada a estrutura de tamanho é estável no tempo?

## Materiais e Métodos

A espécie estudada foi *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae), conhecido como guaritá. Árvore de dossel de 15 a 25 m de altura, comumente com diâmetro máximo de 40 a 60 cm. É uma espécie decídua, heliófita, com reprodução sexuada. A floração acontece nos meses de agosto e setembro e frutificação nos meses de outubro e novembro, produzindo anualmente grande quantidade de sementes que são dispersas por anemocoria. Ocorre em Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul (Lorenzi 1998).

Segundo Dias *et al.* (2002) *A. graveolens* está entre as 10 espécies mais bem posicionadas no Baixo Tibagi, região onde está situada a área do presente estudo, a soma dos IVIs destas 10 espécies perfaz 40,58% do IVI (índice de valor de importância) total da região. Sendo, portanto uma das mais importantes na caracterização das florestas ciliares da Bacia do rio Tibagi. Esta bacia é uma das maiores do estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil.

O estudo foi desenvolvido num fragmento florestal com área aproximada de 100 ha, localizado na Fazenda Doralice (FD) situada no município de Ibiporã, PR, Brasil, nas coordenadas 23° 16's e 51° 03'W a 480m de altitude. O município de Ibiporã apresenta 3% de cobertura florestal original (Fundação S.O.S Mata atlântica 2008). Esse remanescente florestal é uma floresta ciliar localizada na margem esquerda do Rio Tibagi, classificada como Floresta Estacional Semidecidual, que possui uma região íngreme de declive bastante acentuado adjacente à margem do rio Tibagi seguido de área de platô distando aproximadamente 800 m da margem.

Considerando que não se tem um histórico seguro que a área do fragmento da FD não sofreu alterações ambientais significativas, foram também desenvolvidas avaliações dos indivíduos de *A. graveolens* em uma área de Floresta Estacional Semidecidual, plana, bastante preservada e com histórico conhecido. Esta área situa-se na porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), localizado no município de Londrina, PR, Brasil, nas coordenadas 23° 27's e 51° 15'W com aproximadamente 680 ha e altitude em torno de 600 m, distando aproximadamente 27 km em linha reta da Fazenda Doralice. O PEMG é o mais importante remanescente florestal do município de Londrina que apresenta 7% de cobertura florestal original (Fundação S.O.S Mata Atlântica 2008).

Tanto para estudar a estrutura de tamanho quanto a forma dos indivíduos (relações alométricas) de *A. graveolens* nas diferentes áreas do fragmento da FD, foram

definidas duas áreas amostrais, sendo uma no platô (AP) e a outra na região de declive (AD). Para esses mesmos estudos foi amostrada uma área plana (AG) na porção norte do PEMG. As três áreas amostrais possuíam cada uma 0,5 ha.

Em todos os indivíduos de *A. graveolens* que se encontravam nas áreas amostrais, foram tomadas medidas de altura e DAS (diâmetro a altura do solo). Dos indivíduos até 2 m de altura foi medido o comprimento, os maiores que 2 m a altura foi estimada visualmente utilizando-se um metro de carpinteiro como referência. O DAS dos indivíduos menores ou iguais a 1,5m de altura foi medido com auxílio de paquímetro, e dos maiores, mediu-se a circunferência com fita métrica e posteriormente transformou-se em diâmetro. Nas áreas (AP e AD) da FD foi realizada uma amostragem no ano de 2007 e outra no ano de 2008. Para a área (AG) localizada no PEMG foi realizada somente uma amostragem no ano de 2008.

Objetivando comparar a estrutura de tamanho de *A. graveolens* entre as áreas amostradas e verificar para cada área a estabilidade da estrutura no tempo, foram elaboradas distribuições de frequências de indivíduos em classes de tamanho (>0 a 0,25; >0,25 a 0,5; >0,5 a 1; >1 a 2; >2 a 4; >4 a 8; >8 m de altura e >0 a 0,25; >0,25 a 0,5; >0,5 a 1; >1 a 2; >2 a 4; >4 a 8; >8 cm de DAS). As distribuições foram feitas para os anos de 2007 e 2008. Tanto para as comparações da estrutura entre as áreas quanto no tempo foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Siegel 1975, Zar 1999).

A partir da divisão do diâmetro observado pelo diâmetro mínimo teórico que a árvore deveria apresentar para não se quebrar, calculado segundo o modelo de similaridade elástica (McMahon 1973) obteve-se o fator de segurança da espécie ( $d/d_{min}$ ). Este fator representa uma estimativa aproximada, já que os dados sobre a densidade da madeira não foram coletados.

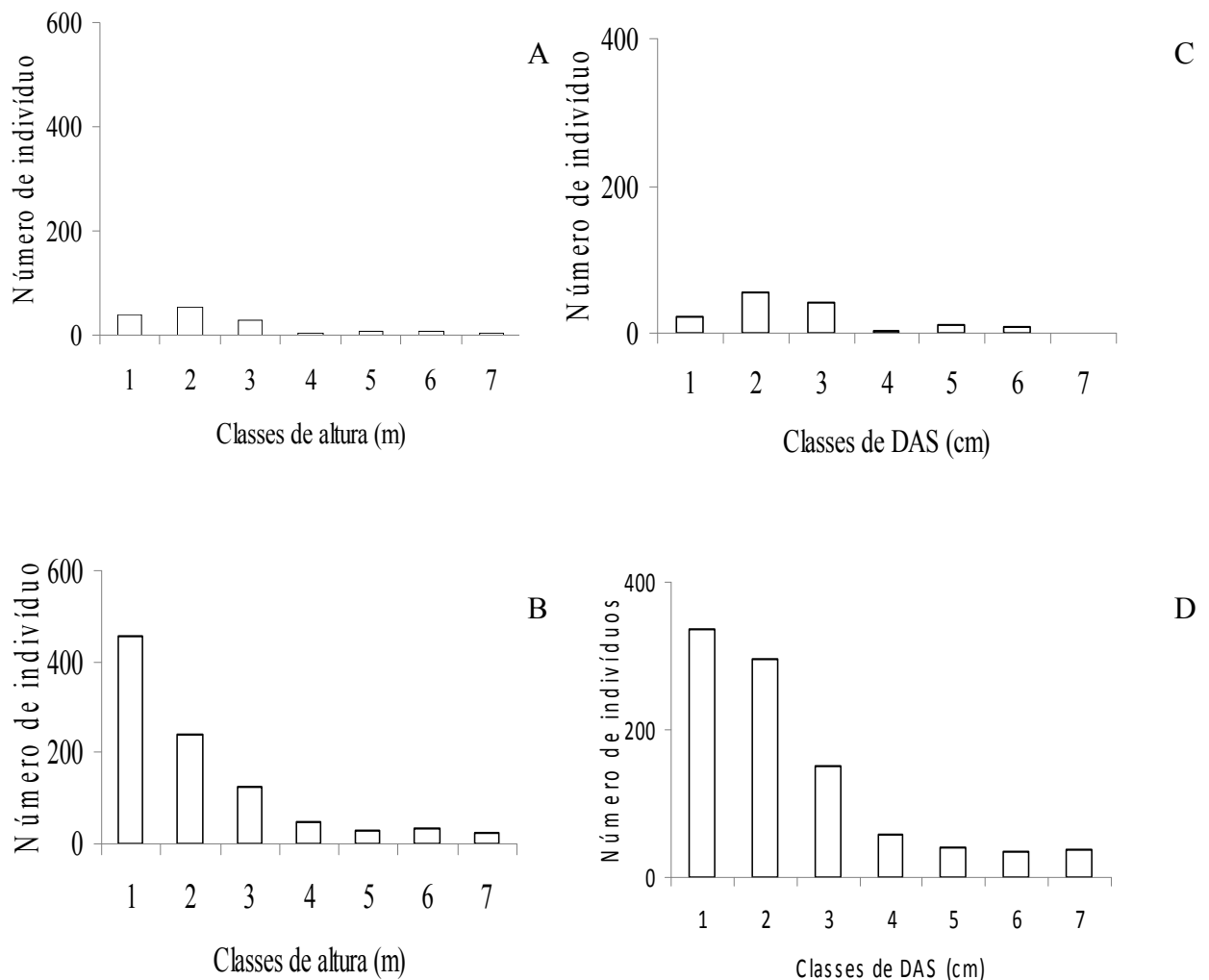
As relações alométricas dos indivíduos são geralmente expressas por funções derivadas de regressões lineares das variáveis transformadas em logaritmos de base 10. A equação que expressa estas relações é:  $y = a x^b$ , ou  $\log y = \log a + b \log x$ , onde **a** e **b** são parâmetros obtidos através de regressão linear (Sokal & Rohlf 1981, King 1990, Kohyama & Hotta 1990). Nas comparações da forma dos indivíduos entre as áreas, as diferenças poderão ocorrer tanto em **a** (o intercepto de  $y$ ) como em **b** (a inclinação da reta). Se o valor de **b** for diferente entre as áreas, o maior valor de **b** apresentará maior incremento de  $y$  por incremento de  $x$ . Se a inclinação não diferir mais a constante **a** for diferente entre áreas, aquelas com maiores valores de **a** apresentarão valores de  $y$  maiores para qualquer valor de  $x$  (Kohyama & Hotta 1990).

Utilizou-se a análise de covariância (ANCOVA) para testar a diferença entre as retas (Snedecor & Cochran 1967). Comparações múltiplas entre as retas foram feitas pelo teste a posteriori de Scheffé ( $p < 0,05$ ) (Huitema 1980, Zar 1999). A ANCOVA testa possíveis diferenças entre as inclinações das retas. Se o resultado da ANCOVA não revelar diferenças entre as inclinações, uma inclinação comum para as retas é calculada. Esta inclinação comum é usada para o cálculo de novos valores para o intercepto em  $y$ , que são novamente testados pelo teste de Scheffé. Todos os testes foram feitos no programa ANCOVA31 para análise de covariância e teste de Scheffé, desenvolvido por Flávio A. M. dos Santos (UNICAMP, Depto. de Botânica).

## Resultados

Nos anos de 2007 e 2008 foram observados, respectivamente, 138 e 220 indivíduos de *Astronium graveolens* Jacq. na AP e 956 e 1082 na AD da FD. Na AG do PEMG observou-se 140 indivíduos no ano de 2008.

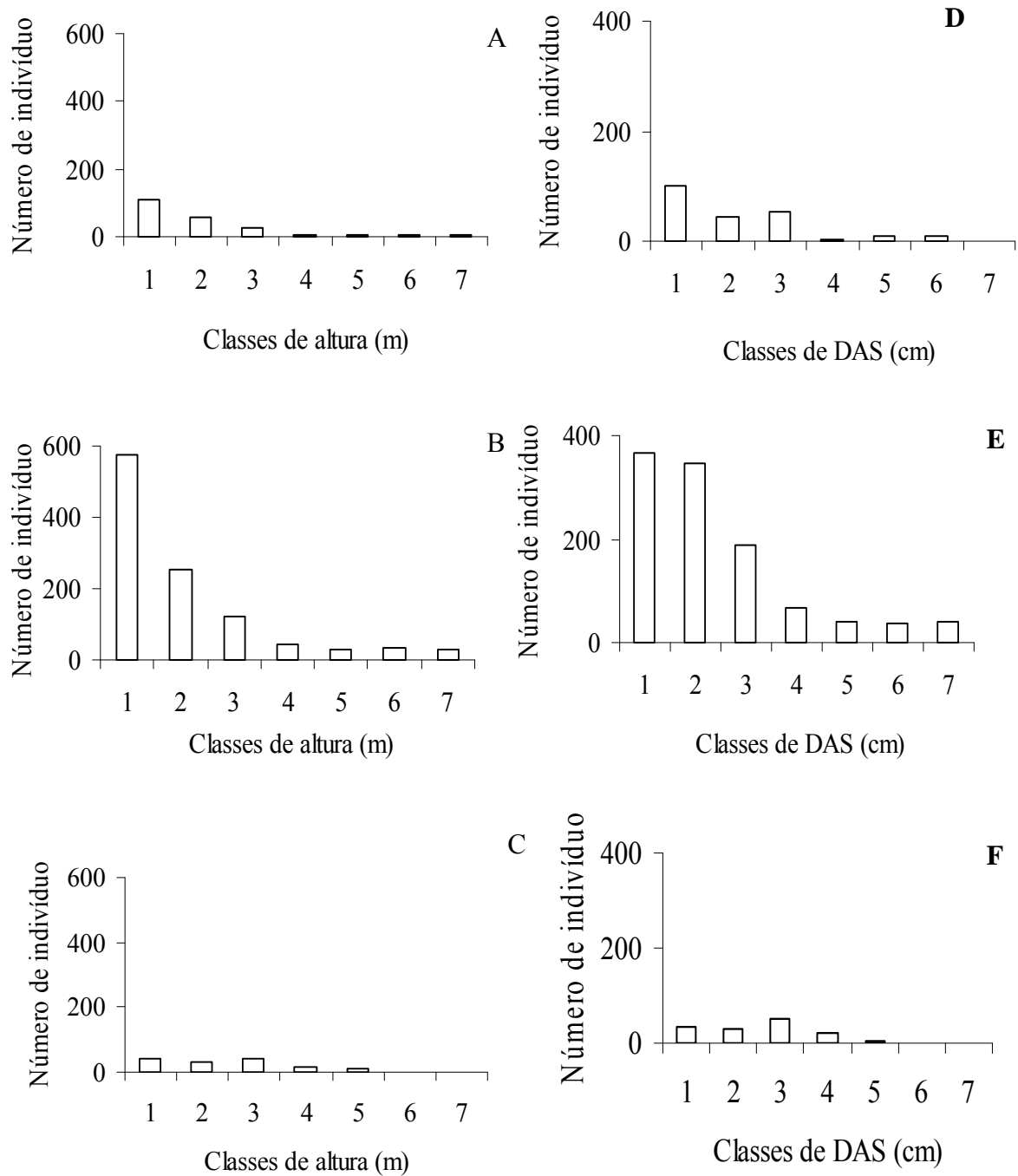
No ano de 2007 foram observados 138 indivíduos de *A. graveolens* na AP, sendo 28% de  $>0$  a 0,25 m de altura; 38%  $>0,25$  a 0,5 m; 20,3%  $>0,5$  a 1 m; 3%  $>1$  a 2 m; 5%  $>2$  a 4 m e 5,7% para as demais classes de tamanho (Figura 1A). Para as classes de DAS 16% dos indivíduos apresentaram  $>0$  a 0,25 cm; 40%  $>0,25$  a 0,5 cm; 30,3%  $>0,5$  a 1 cm; 1%  $>1$  a 2 cm, 7%  $>2$  a 4 cm e 5,7% para demais classes de tamanho (Figura 1C). Para AD foram observados 956 indivíduos, sendo 48% de  $>0$  a 0,25 m de altura; 25%  $>0,25$  a 0,5 m; 13%  $>0,5$  a 1 m; 5%  $>1$  a 2 m; 3%  $>2$  a 4 e 6% para demais classes de tamanho (Figura 1B). Para as classes de DAS 35% dos indivíduos apresentaram  $>0$  a 0,25 cm; 31%  $>0,25$  a 0,5 cm; 16%  $>0,5$  a 1 cm; 6%  $>1$  a 2 cm; 4%  $>2$  a 4 cm e 8% para as demais classes de tamanho (Figura 1D).



**Figura 1-** Distribuição em classes de altura (A e B) e diâmetro (C e D) da população de *Astronium graveolens* na área plana (A e C) e de declive (B e D) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil, para o ano de 2007. Classes de altura e DAS (diâmetro a altura do solo) 1:  $>0$  a 0,25; 2:  $>0,25$  a 0,5; 3:  $>0,5$  a 1; 4:  $>1$  a 2; 5:  $>2$  a 4; 6:  $>4$  a 8; 7:  $>8$ .

Para o ano de 2008 foram observados 220 indivíduos na AP, sendo 51% dos indivíduos de  $>0$  a 0,25 m de altura; 27%  $>0,25$  a 0,5 m; 12,5%  $>0,5$  a 1 m; 2%  $>1$  a 2 m; 3%  $>2$  a 4 m e 4,5% para as demais classes de tamanho (Figura 2A). Para as classes de DAS (Figura 2C) 46% dos indivíduos apresentaram  $>0$  a 0,25 cm; 20%  $>0,25$  a 0,5 cm; 23,5%  $>0,5$  a 1 cm; 1%  $>1$  a 2 cm; 5%  $>2$  a 4 cm e 4,5% para as demais classes de tamanho. Na AD foram observados 1082 indivíduos, sendo 53% dos indivíduos de  $>0$  a 0,25 m de altura; 23%  $>0,25$  a 0,5 m; 11%  $>0,5$  a 1 m; 5%  $>1$  a 2 m; 2%  $>2$  a 4 m e 6% para as demais classes de tamanho (Figura 2B). Para as classes de DAS (Figura 2E) 33% dos indivíduos apresentaram  $>0$  a 0,25 cm; 31%  $>0,25$  a 0,5 cm; 17%  $>0,5$  a 1 cm; 6%  $>1$  a 2 cm; 4%  $>2$  a 4 cm e 7% para as demais classes. Na AG foram observados 140 indivíduos, sendo 29% destes com  $>0$  a 0,25

m de altura; 23% >0,25 a 0,50 m; 29% > 0,50 a 1,00 m; 12% > 1,00 a 2,00 m; 6% > 2,00 a 4,00 m e 0,7% para as demais classes (Figura 2C). Para as classes de DAS 26% dos indivíduos apresentaram >0 a 0,25 cm; 21% >0,25 a 0,50 cm; 35% >0,50 a 1,00 cm; 15% >1,00 a 2,00 cm; 4% > 2,00 a 4,00 cm e 0% pra as demais classes (Figura 2F).



**Figura 2-** Distribuição em classes de altura (A-C) e diâmetro (D-F) da população de *Astronium graveolens* na área plana (A e D) e de declive (B e E) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibitiporã, PR, Brasil e na área plana (C e F) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil para o ano de 2008. Classes de altura e DAS (diâmetro a altura do solo) 1: >0 a 0,25; 2: >0,25 a 0,5; 3: >0,5 a 1; 4: >1 a 2; 5: >2 a 4; 6: >4 a 8; 7: >8 .

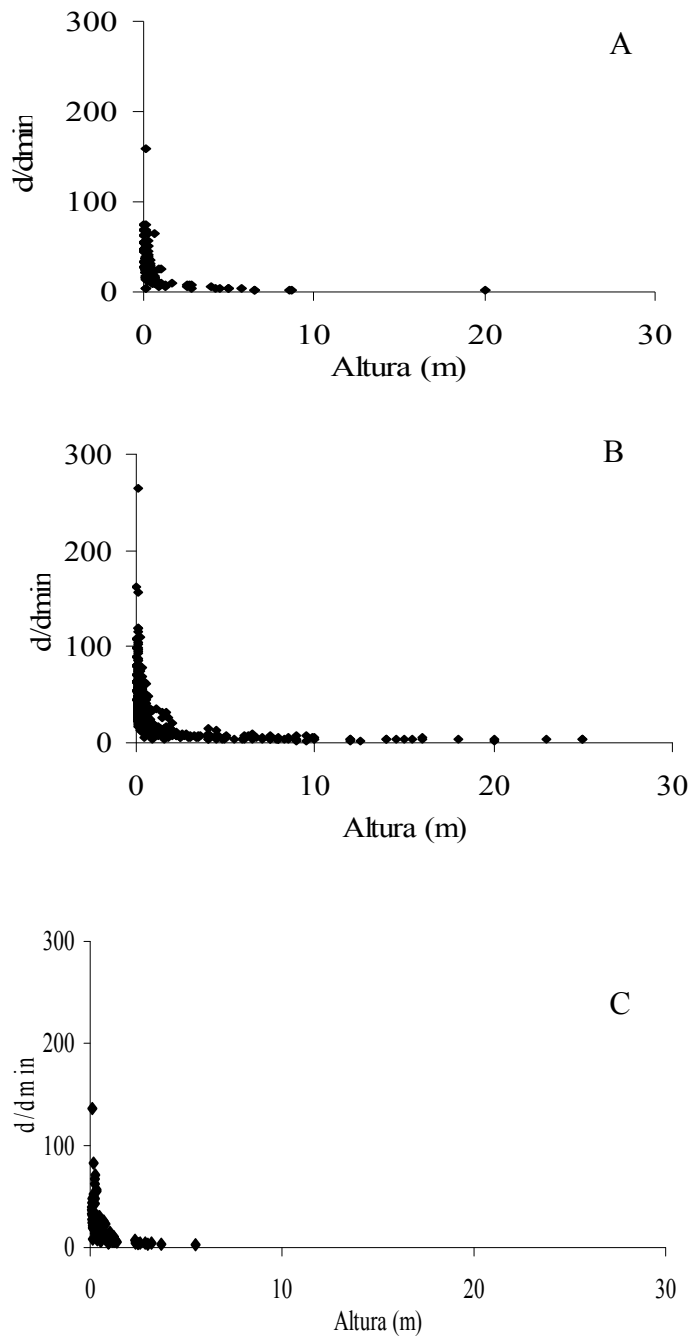
Foi observada diferença na estrutura de tamanho dos indivíduos da AP comparados com os da AD no ano de 2007 tanto para altura quanto para o diâmetro e para o ano de 2008 somente para o diâmetro (Tabela 1).

**Tabela 1-** Comparações das estruturas de tamanho da população de *Astronium graveolens* em diferentes áreas e datas de amostragem, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (D). AP - área plana e AD – área de declive do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil e AG - área plana do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil.

	Altura		Diâmetro	
	D	P	D	P
AP 2007 x AD 2007	0,203	<0,001	0,200	<0,001
AP 2008 x AD 2008	0,026	>0,10	0,122	<0,01
AP 2007 x AP 2008	0,234	<0,001	0,307	<0,001
AD 2007 x AD 2008	0,052	>0,10	0,015	>0,10
AP 2008 x AG 2008	0,216	<0,001	0,202	<0,005
AD 2008 x AG 2008	0,244	<0,001	0,193	<0,001

Comparando a estrutura de tamanho para altura e para diâmetro dos indivíduos de AP em 2007 com 2008 observaram-se diferenças. No entanto, as estruturas de tamanho (altura e diâmetro) dos indivíduos de AD não apresentaram diferenças entre esses anos. Observou-se diferença quando comparados o grupo de indivíduos de AP com AG e AD com AG no ano de 2008, para altura e para diâmetro (Tabela 1).

O fator de segurança dos indivíduos da espécie diminui com a altura, mas aparentemente a diminuição foi bem menos acentuada a partir de 2 m de altura nas três áreas estudadas (Figura 3). No entanto, foi observado que os maiores fatores de segurança dos indivíduos de *A. graveolens* foram próximos de 150 para as áreas planas (AP e AG) e próximos de 260 para a área de declive (AD).



**Figura 3-** Fator de segurança do diâmetro do caule ( $d/d_{min}$ , onde  $d$  é o diâmetro observado e  $d_{min}$  é o diâmetro mínimo teórico do limite de quebra da árvore segundo McMahon (1973)) de *Astronium graveolens* de três áreas: área plana (A) e área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil.

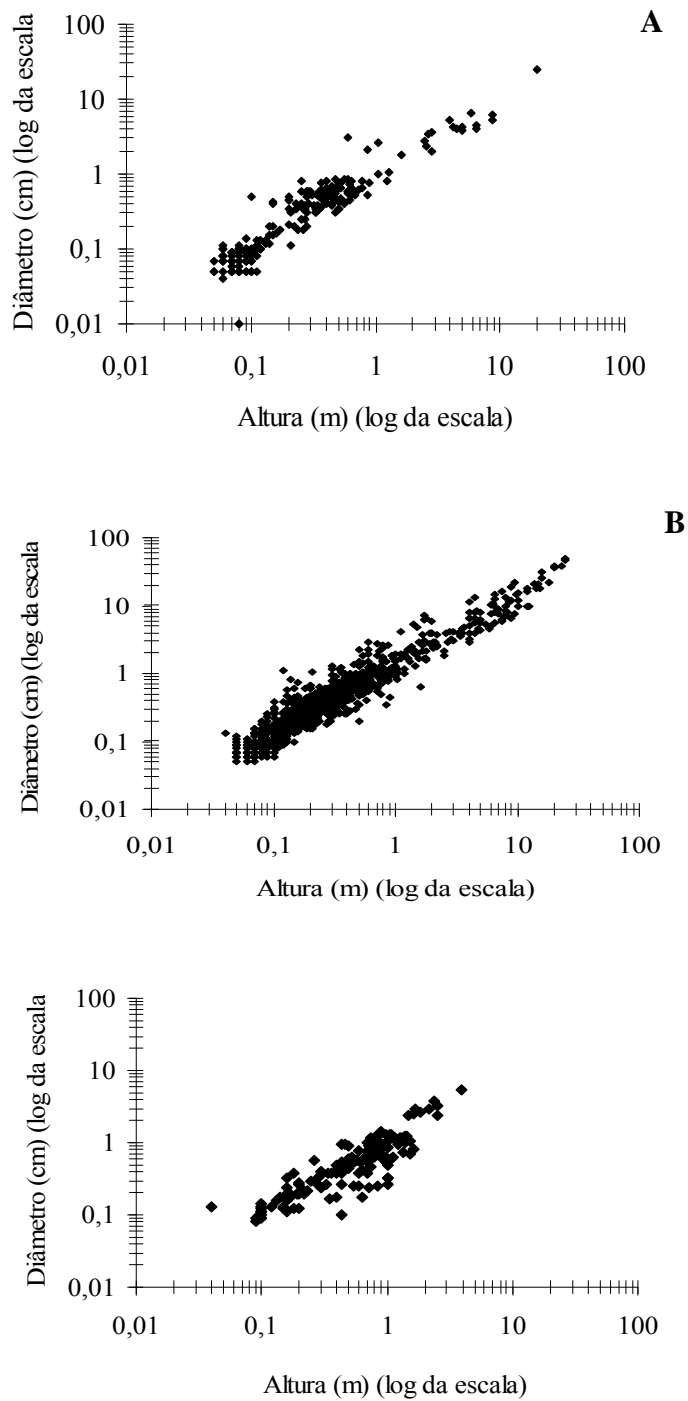
A altura explica uma grande proporção da variação do diâmetro da população de *A. graveolens* nas três áreas (coeficiente de determinação entre 0.894 e 0.958). As inclinações das retas das áreas planas da Fazenda Doralice e PEMG são iguais e menores

que a apresentada pela área declivosa (Tabela 2 e Figura 4). Neste caso, para o mesmo incremento na altura os indivíduos de *A. graveolens* apresentaram, significativamente, um maior incremento em diâmetro que os indivíduos das áreas planas.

**Tabela 2-** Estimativa dos parâmetros das regressões lineares para o diâmetro (cm) (D) e a altura (m) (H) ( $\log D = a + b \log H$ ) de *Astronium graveolens* para área plana (AP) e área de declive (AD) do fragmento florestal da Fazenda Doralice e para a área plana do Parque Estadual Mata dos Godoy, PR, Brasil. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si (ANCOVA e Teste de Scheffé,  $p < 0,05$ ).

Áreas	a #	b	r <sup>2</sup>	N	b comum	estimativa de A
AP	0,024	1,020b	0,949***	220		
AD	-0,018	1,461a	0,894***	1.082	1,373	-0,020
AG	-0,049	0,937b	0,958***	140		

# a = intercepto em y, b= inclinação da reta, r<sup>2</sup>= coeficiente de determinação, N= número de casos, ANOVA \*\*\* $p < 0,001$



**Figura 4-** Regressão entre o diâmetro (cm) (D) e altura (m) (H) de *Astronium graveolens* de três áreas (Log D = a+ b log H). Área plana (A) e B) área de declive (B) do fragmento florestal da Fazenda Doralice, Ibiporã, PR, Brasil. Área plana (C) do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil.

A proporção de crescimento entre diâmetro e altura observada para *A. graveolens* na área declivosa AD ( $d \propto h^{1,46}$ ) se aproxima ao modelo de similaridade elástica ( $d \propto h^{1,5}$ ), enquanto que nas áreas planas AP ( $d \propto h^{1,02}$ ) e AG ( $d \propto h^{0,94}$ ) se aproxima ao modelo

de similaridade geométrica ( $d \propto h$ ) (Tabela 2). Ou seja, para AD um aumento de uma unidade na altura (1 m) corresponde a um aumento maior que uma unidade no diâmetro (1,46 cm). Para AP e AG essa proporção foi de aproximadamente 1:1.

## Discussão

As estruturas de tamanho tanto para altura quanto para diâmetro da população de *Astronium graveolens* Jacq. da área de declive para o ano de 2007 e 2008 e área plana para o ano de 2008 da FD apresentaram alta representação de indivíduos de classes de tamanho menores caracterizando o padrão de curva exponencial negativa conhecida como “J-reverso”. Este tipo de estrutura é freqüentemente interpretado como um dos indicativos de crescimento populacional ou estabilidade e capacidade de regeneração da população na floresta (Clark *et al.* 1999, Grau 2000, Almeida & Vieira 2001, Rodrigues-Buritica *et al.* 2005 e Wadt *et al.* 2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Marcos (2003) para *Euterpe edulis* Mart. na Floresta da Tijuca, RJ e Moreira *et al.* (2007) para *Senefeldera multiflora* Mart. na Floresta Nacional de Pacotuba, ES.

Foram observadas diferenças na estrutura de tamanho para os indivíduos da área plana da FD entre os anos 2007 e 2008. Em 2008 foi verificado o padrão “J-reverso” somente para o ano de 2008. Estes resultados indicam que, diferente da área declivosa, na área plana não ocorre a permanência de indivíduos nas classes de menor tamanho por períodos mais longos, importantes para a manutenção do padrão “J-reverso” como citado por Solbrig (1981) e Webb *et al.* (1972). A não permanência de indivíduos em classes de tamanho menores na área plana possivelmente se deve a menor luminosidade dessa área, considerando que *A. graveolens* é uma espécie heliófita, ou seja, áreas mais sombreadas dificultam o recrutamento e manutenção dos indivíduos desta espécie.

Segundo Zagt & Werger (1997) a presença de plântulas de uma espécie num determinado local depende da quantidade de sementes disponíveis e da sobrevivência e crescimento das plântulas. Como resultado disso, mesmo considerando pequenos períodos, as populações devem flutuar no tempo, embora se mantenham estáveis.

A área plana e a de declive da fazenda Doralice apresentam diferenças abióticas, como por exemplo, o índice de cobertura vegetal (AP= 74% e AD= 64%). É provável que as diferenças de ICV em conjunto com outras variáveis relacionadas à declividade sejam responsáveis pelas diferenças na estrutura de tamanho de *A. graveolens* observadas entre as áreas estudadas, que claramente para a área declivosa, torna possível a

manutenção de indivíduos de classes de tamanho menores por mais tempo. Gabriel *et al.* (2007) estudando uma população *Cupania vernalis* Camb. em área com alta variação topográfica numa Floresta Estacional Semidecidual no Sul do Brasil, também observou uma maior quantidade de indivíduos menores em locais com maior incidência luminosa.

Segundo Marques & Joly (2000), o fator mais importante na determinação da abundância das espécies em seus locais de ocorrência seriam as interações das plantas com o meio físico e não as relações existentes dentro da própria população.

Considerando as causas que podem afetar a estrutura de tamanho das populações no tempo, como a variação das taxas de crescimento, as diferenças de idade, as variações genéticas, a heterogeneidade de recursos, a competição e os efeitos causados por herbívoros, parasitas ou patógenos descritas por Weiner & Solbrig (1984) os resultados com *A. graveolens* indicam que a principal causa que provocou diferenças temporais na estrutura foi a diferença de idade, com aumento do número de indivíduos recém germinados no ano de 2008 na área plana da FD.

No conjunto de plantas das três áreas amostradas houve um decréscimo do fator de segurança com a altura, indicando maior probabilidade de quebra para os indivíduos maiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Alves *et al.* (2004) para *Euterpe edulis* Mart. numa Floresta Atlântica do sudeste do Brasil.

A inclinação da reta obtida através de análise de regressão linear entre diâmetro e altura para os indivíduos de *A. graveolens* foi maior na área declivosa (AD) do que nas áreas planas (AP e AG). Estes resultados indicam que os indivíduos de *A. graveolens* na área declivosa investem mais no crescimento em diâmetro. Para explicar a maior abundância de *A. graveolens* na área declivosa, esta plasticidade morfológica é importante, visto que no declive ocorre maior mobilidade do substrato, que é favorecida tanto pelo relevo quanto pelas partículas do solo maiores observadas na análise granulométrica (Capítulo 1). Além disso, o investimento menor em altura, também está relacionado a menor competição por luz na AD que apresenta menor cobertura do dossel.

Quando se avalia o padrão alométrico de árvores que sofrem pressões ambientais diferentes, como a declividade, espera-se encontrar adaptações morfológicas que irão auxiliar estas espécies a obterem sucesso. Uma dessas adaptações é o aumento da base do caule, visando aumentar a sustentação e fixação no solo (Sposito & Santos 2001). O tipo de relação alométrica entre altura e diâmetro de uma espécie indica a quantidade suporte que é requerida em sua condição ambiental, pois quanto maior o diâmetro maior a resistência contra a pressão de quebra e tombamento (Claussen & Maycock 1995).

Os altos valores dos coeficientes de determinação apresentados por todas as relações alométricas analisadas, indicam baixa variabilidade na forma dos indivíduos dentro de cada área. Isto sugere que a heterogeneidade do ambiente tanto no espaço horizontal como vertical em cada área, não é tão alta a ponto de esta espécie apresentar grandes variações na forma.

Tanto a estrutura de tamanho quanto a forma dos indivíduos se apresentaram com significativas diferenças quando comparados os grupos de indivíduos de *A. graveolens* que ocorreram nas áreas topograficamente distintas. Estas variações certamente estão relacionadas às diferenças microambientais que são conseqüências da diferente topografia. Por exemplo, na área declivosa foi observado menor ICV, menor umidade do solo, maior massa e menor volume de serapilheira e maior pH do solo (Capítulo 1). Para a espécie estudada, na área com essas características abióticas houve maior investimento em diâmetro. Afinal, variações no tamanho e forma dos organismos refletem respostas relacionadas às condições ambientais, constituindo uma resposta ao estresse particular experimentado pelos indivíduos de uma determinada espécie (Sposito & Santos 2001).

A possibilidade de mudança na forma dos indivíduos na área de declive, possivelmente contribua com o estabelecimento de maior número de indivíduos nessa área e com a estrutura de tamanho do tipo “J-reverso” e bem representada em todas as classes. Além disso, pode se relacionar também com as maiores manchas de agregação de indivíduos quando comparadas com as áreas planas (Capítulo 1).

Os resultados obtidos neste estudo em conjunto com a estrutura espacial apresentada no capítulo 1 indicam que o fragmento de floresta estacional semidecidual da Fazenda Doralice apresenta bom estado de conservação quando se compara os resultados desse fragmento com o da floresta bem preservada do Parque Estadual Mata dos Godoy. Além disso, indicam também que *A. graveolens* apresenta características ecológicas importantes que possibilita o sucesso da população dessa espécie em áreas com grandes diferenças topográficas.

## REFERÊNCIAS

- AGREN, J. & ZACKRISSON, O. 1990. Age and size structure of *Pinus sylvestris* populations on mires in central and northern Sweden. *Journal of Ecology* 78:1049-1062.
- ALMEIDA, A.S. & VIEIRA, I.C.G. 2001. Padrões florísticos e estruturais de uma cromosequência de florestas no município de São Francisco do Pará, Região Bragantina, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi- Botânica* 17:209-240.
- ALVES, L.F. & SANTOS, F.A.M. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18:245-260.
- ALVES, L.F., MARTINS, F.R. & SANTOS, F.A.M. 2004. Allometry of a neotropical palm, *Euterpe edulis* Mart. *Acta Botânica Brasílica*, 18: 369-374.
- BOND, W.J., HONIG, M. & MAZE, K.E. 1999. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia* 120:132-136.
- CLARK, J.S., BECKAGE, B., CAMILL, P., CLEVELAND, B., HILLE RIS LAMBERS, J., LICHTER, J., MACLACHLAN, J., MOHAN, J. & WYCKOFF, P. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* 86:1-16.
- CLAUSSEN, J.W. & MAYCOCK, R. 1995. Stem allometry in a North Queensland tropical rainforest. *Biotropica* 27:421-426.
- CORNELISSEN, J.H.C. 1999. A triangular relationship between leaf size and seed size among woody species: allometry, ontogeny, ecology and taxonomy. *Oecologia* 118:248-255.
- DALLING, J.W, LOVELOCK, C.E. & HUBBELL, S.P. 1999. Growth responses of seedling of two neotropical pioneer species to simulated forest gap environments. *Journal of Tropical Ecology* 15:827-839.
- DIAS, M.C.; VIEIRA, A.O.S.; PAIVA, M.R.C. 2002. Florística e fitossociologia das espécies arbóreas das florestas da bacia do rio Tibagi. . In *A Bacia do Rio Tibagi*, (M.E. Medri, E. Edmilson, O.A. Sibatta & J.A. Pimenta, eds.). Edição dos autores, Londrina, p.109-124.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2009. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica-Período 2005-2008 - Relatório parcial. <http://www.sosmatatlantica.org.br/> (acesso 01/07/2009).
- GABRIEL, C., AZAMBUJA, B.O., GIEHL, E.L.H., EISINGER, S.M. 2007. Estrutura populacional de *Cupania vernalis* Camb. Em uma Floresta Estacional no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5:624-626.
- GRAU, H.R. 2000. Regeneration patterns of *Cedrella lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. *Journal Tropical Ecology* 16:227-242.
- HAY, J.D., BIZERRIL, M.X., CALOURO, A.M., COSTA, E.M.N., FERREIRA, A.A., GASTAL, M.L.A., GOES JÚNIOR, C.D., MANZAN, D.J., MARTINS, C.R., MONTEIRO, J.M.G., OLIVEIRA, S.A., RODRIGUES, M.C.M., SEYFARTH, J.A.S. & WALTER, B.M.T. 2000. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies ativas do cerrado, em Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 23:341- 347.

- HENRIQUES, R.P.B. & SOUSA, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* 2:204-209.
- HUITEMA, B.E. 1980. The analysis of covariance and alternatives. John Wiley, New York.
- HUTCHINGS, M.J. 1998. Structure of plant population. *In* Plant Ecology (M.J. Crawley, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.325-358.
- JARDIM, M.A.G. & CUNHA, A.C.C. 1988. Caracterização estrutural de populações nativas de palmeiras do estuário amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Botânica* 14:33-41.
- KING, D. A. 1990. Allometry of samplings and understorey trees of a Panamanian forest. *Functional Ecology* 4:27- 32.
- KNOWLES, P. & GRANT, M. 1983. Age and size structure analyses of engelmann spruce, ponderosa pine, lodgepole pine, and limber pine in Colorado. *Ecology* 64:1-9.
- KOHYAMA, T. & HOTTA, M. 1990. Significance of allometry in tropical samplings. *Functional Ecology* 4:515- 521.
- LORENZI, H. 1998. Árvores Brasileiras- Manual de Identificação e cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Vol. I. 2ª ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum.
- MARCOS, C.S, SILVA MATOS, D. M. 2003. Estrutura de populações de Palmiteiro (*Euterpe edulis* Mart.) em áreas com diferentes graus de impactação na Floresta da Tijuca, RJ. *Floresta e Ambiente* 10:27 – 37.
- MARTINI, A.M.Z. 1996. Estrutura e dinâmica populacional de três espécies arbóreas tropicais. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. Em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica* 23:107-112.
- MCMAHON, T. 1973. Size and shape in biology. *Science* 179:1201-1204.
- MILTON, S.J., RYAN, P.G., MOLONEY, C.L., COOPER, J. & DEAN, W.R.J. 1993. Disturbance and demography of *Phyllica arborea* (Rhamnaceae) on the Tristan- Gough group of islands. *Botanical Journal of the Linnean Society* 111:55-70.
- MOREIRA, L.N., MORENO, M.R., REDLING, J.S.H. 2007. Estrutura populacional de *Senefeldera multiflora* em um trecho de borda na Mata Atlântica Estacional Semidecidual da Floresta Nacional de Pacotuba, Cachoeira do Itapemirim, ES. *Revista Brasileira de Biociências* 5:669-671.
- NIKLAS, K. J. 1994. Plant allometry: the scaling of form and process. The University of Chicago Press, Chicago.
- NISHIMURA, T.B. & SUZUKI, E. 2001. Allometric differentiation among tropical tree seedlings in heath and peat swamp forests. *Journal of Tropical Ecology* 17:667-681.
- OLMSTED, I. & ALVAREZ-BUYLLA, E. 1995. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. *Ecological Application* 5:484- 500.

- RAMIREZ, N. & ARROYO, M.K. 1990. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae, Caesalpinioideae) em los Altos Llanos Centrales de Venezuela. *Biotropica* 22:124-132.
- RODRIGUES-BURITICA, S., ORJUELA, M.A. GALEANO, G. 2005. Demography and life history of *Geonoma orbignyana*: Na understory palm used as foliage in Colômbia. *Forest Ecology and Management* 211:329-340.
- SIEGEL, S. 1975. Estatística não paramétrica para ciência do comportamento. McGraw – Hill, Rio de Janeiro.
- SIQUEIRA, A. S. 2006. Alometria de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) em diferentes fisionomias do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO. *Biota Neotropica* 6 <http://www.biotaneotropica.org.br>. (Acesso em: 15/10/2008).
- SNEDOCOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1967. *Statistical methods*. 6 ed. Iowa State University Press. Ames.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1981. *Biometry*. 2ed. W.H. Freeman, San Francisco.
- SOLBRIG, O.T. 1981. Studies on the population biology of the genus *Viola*. II. The effect of plant size on fitness in *Viola sororia*. *Evolution* 35:1080-1093.
- SPOSITO, T.C. & SANTOS, F.A.M. 2001. Sacling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* 88:939-949.
- STERCK, F.J. & BONGERS, F. 2001. Crown development in tropical rain forest trees: patterns with tree height and light availability. *Journal of Ecology* 89:1-13.
- WADT, L.H.O., KAINER, K.A., GOMES-SILVA, D.A.P. 2005. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 211:371-384.
- WEBB, L.J., TRACEY, J.G. & WILLIAMS, W.T. 1972. Regeneration and pattern in the subtropical rain forest. *Journal of Ecology* 60:675-695.
- WEINER, J. & SOLBRIG, T. 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. *Oecologia* 61:334-336.
- WEST, C. J. 1995. Sustainability of *Beilschmiedia tawa* -dominated Forest in New Zeland: population predictions based on transition matrix model analysis. *Australian Journal of Botany* 43:51-71.
- WRIGHT, I.J. & WESTOBY, M. 2001. Understanding seedling growth relationships through specific leaf area and leaf nitrogen concentration: generalizations across growth forms and growth irradiance. *Oecologia* 127:21- 29.
- ZAGT, R.J. & WERGER, M.J.A. 1997. Spatial components of dispersal and survival of two codominant tree species in the tropical rain forest of Guyana. *Tropical Ecology* 38:343-355.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso para conservação e restauração dos fragmentos florestais depende do conhecimento prévio das espécies que compõem a floresta, sua estrutura, dinâmica de suas populações, e de todos os fatores importantes para a sobrevivência das espécies.

O presente estudo enfatizou como as variáveis ambientais, resultado da diferença topográfica, podem causar diferenças não só na demografia e distribuição espacial, mas também na estrutura de tamanho e forma dos indivíduos de *Astronium graveolens* Jacq.

Esta heterogeneidade ambiental possibilitou uma maior disponibilidade de sítios favoráveis para o estabelecimento e desenvolvimento de maior número de indivíduos na área declivosa (AD). O maior número de indivíduos de *A. graveolens* na AD pode ser também devido ao seu sucesso competitivo em relação a outras espécies que apresentam uma abundância bem inferior nesta área quando comparada com o platô. Como exemplos, podemos citar *Aspidosperma polyneuron* e *Chrysophyllum gonocarpum*, que, assim como *A. graveolens*, apresentam alto índice de valor de importância no fragmento florestal estudado.

Considerando este estudo populacional, claramente pôde ser observado que *A. graveolens* é uma espécie recomendável para a restauração de áreas degradadas que apresentam tanto baixas quanto altas variações topográficas, nas formações vegetais onde esta espécie ocorre.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J.C. 1984. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne- Leguminosae, na Amazônia Central. 3. Distribuição espacial e regeneração natural pré-existente. Acta Amazônica 14: 255-279.
- BOND, W.J., HONIG, M. & MAZE, K.E. 1999. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. Oecologia 120: 132-136.
- BIANCHINI, E. 1998. Estudo da dinâmica de população de *Crysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl. no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- CARVALHO, D.A., Oliveira-Filho, A. T. de, VAN DEN BERG, E., FONTES, M. A. L. , VILELA, E. de A., MELO MARQUES, J. J. G. de S. e, CARVALHO, W. A. C. 2005a. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto - Montana às margem do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. Acta Botânica Brasilica 19:91-109.
- CARVALHO, D. A., OLIVEIRA FILHO, A. T., VILELA, E. A., CURI, N., VAN DEN BERG, E., FONTES, M. A. L., BOTEZELLI, L. 2005b. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil Revista Brasileira de Botânica 28:329-345.
- DALE, M.R.T. 1999. Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, p. 1-6.
- DIAS, M.C.; VIEIRA, A.O.S.; PAIVA, M.R.C. 2002. Florística e fitossociologia das espécies arbóreas das florestas da bacia do rio Tibagi. . In A Bacia do Rio Tibagi, (M.E. Medri, E. Edmilson, O.A. Sibatta & J.A. Pimenta, eds.). Edição dos autores, Londrina, p.109-124.
- ESPÍRITO-SANTO, F.D.B., OLIVEIRA-FILHO, A. T. de, MACHADO, E. L. M. 2002. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. Acta Botânica Brasilica 16:31-356.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2009. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica-Período 2005-2008 - Relatório parcial. <http://www.sosmatatlantica.org.br/> (acesso 01/07/2009).
- GATSUK, L.E., SMIRNOVA, O.V., VORONTZOVA, L.I., ZAUGOLNOVA, L.B. & ZHUKOVA, L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. Journal of Ecology 68:675-696.
- HAY, J.D., BIZERRIL, M.X., CALOURO, A.M., COSTA, E.M.N., FERREIRA, A.A., GASTAL, M.L.A., GOES JÚNIOR, C.D., MAZAN, D.J., MARTINS, C.R., MONTEIRO, J.M.G., OLIVEIRA, S.A., RODRIGUES, M.C.M., SEYFFARTH, J.A. S. & WALTER, B.M.T. 2000. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. Revista Brasileira de Botânica 23: 341-347.

- HARTSHORN, G. S. 1975. A matrix model of tree population dynamics. In Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research (F.B.Golley & E. Medina, eds.) Springer-Verlag, New Yourk, p. 41-51.
- HENRIQUES, R.P.B. & SOUSA, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* 2:204-209.
- IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. 1993. Cobertura florestal e consumo de madeira, lenha e carvão nas regiões de Londrina, Maringá e Paranavaí: subsídio para uma política florestal no estado do Paraná. IparDES, Curitiba.
- JARDIM, M.A.G. & CUNHA, A.C.C. 1988. Caracterização estrutural de populações nativas de palmeiras do estuário amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Botânica* 14:33-41.
- KING, D.A. 1996. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 25-44.
- KREBS, C.J. 1994. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 4<sup>o</sup>ed. Harper Collins College Publishers, New York, p. 151-198.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.
- LEITE, E.J. & HAY, J.D. 1989. Regeneração natural de garapa, *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr., numa reserva genética. *Ciência e Cultura* 41:804-807.
- LORENZI, H. 1998. Árvores Brasileiras- Manual de Identificação e cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Vol. I. 2<sup>a</sup> ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C.A. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. Em Floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica* 23:107-112.
- MEDRI, M.E., BIANCHINI, E., PIMENTA, J.S., COLLI, S. & MULLER, C. 2002. Estudos sobre tolerância de alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In *A Bacia do Rio Tibagi*, (M.E. Medri, E. Edmilson, O.A. Sibatta & J.A. Pimenta, eds.). Edição dos autores, Londrina, p.133-172.
- NORRIS, K., MCCULLOCH, N. 2003. Demographic models and the management of endangered species: a case study of the critically endangered Seychelles magpie robin *Journal of Applied Ecology* 40:890–899.
- OLIVEIRA, P.E.A.M., RIBEIRO, J.F. & GONZALES, M.I. 1989. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. De cerrados de Brasília. *Revista brasileira de Botânica* 12: 39-48
- OLIVEIRA FILHO, A.T., CURI, N. , VILELA, E. A., CARVALHO, D. A. 2001. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in South-eastern Brazil. *Edinburgh Journal Botany* 58:139-158.

- PINESE, J.P.P. Síntese Geológica da Bacia do rio Tibagi. In A Bacia do Rio Tibagi, (M.E. Medri, E. Edmilson, O.A. Sibatta & J.A. Pimenta, eds.). Edição dos autores, Londrina p.21-38.
- RICKLEFS, R.E. 2001. A Economia da Natureza. 5º Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 503 p.
- RODERJAN, C.V., GALVÃO, F., KUNIYOSHI, Y.S., HATSCHBACH, G.G. 2002. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência & Ambiente*, Santa Maria 13:75-92.
- SANTOS, F.A.M, PEDRONI, F., ALVES, L. & SANCHEZ, M. 1998. Structure and dynamics of tree species of the Atlantic Forest. *Anais da Academia Brasileira de Ciência* 70:873-80.
- SHEIL, D. & MAY, R. M. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. *Journal of Ecology* 84:91-100.
- SILVEIRA, M. 1993. Estudo da vegetação em uma toposeqüência no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- SOARES-SILVA, L.H. & BARROSO, G.M. 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. In: *Anais do VIII Congresso da Sociedade de Botânica de São Paulo (Campinas, SP)*. p. 101-112.
- SOUZA, J.S., BON ESPÍRITO-SANTO, F. D., LEITE FONTES, M. A., OLIVEIRA-FILHO, A. T. de, BOTEZELLI, L. 2003. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. *Revista Árvore* 27:185-206.
- SPOSITO, T.C. & SANTOS, F.A.M. 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* 88: 939-949.
- TOREZAN, J.M. Nota sobre a vegetação da Bacia do rio Tibagi. In A Bacia do Rio Tibagi, (M.E. Medri, E. Edmilson, O.A. Sibatta & J.A. Pimenta, eds.). Edição dos autores, Londrina p. 103-107.
- WEST, C. J. 1995. Sustainability of *Beilschmiedia tawa* -dominated Forest in New Zeland: population predictions based on transition matrix model analysis. *Australian Journal of Botany* 43:51-71.

**ANEXO**

## ANEXO A

A Revista Brasileira de Botânica (RBB), periódico editado pela Sociedade Botânica de São Paulo (SBSP), publica artigos originais de pesquisa completos e notas científicas em Ciências Vegetais, em Português, Espanhol ou Inglês, sendo recomendado este último. Os manuscritos completos (incluindo figuras e tabelas), em quatro cópias, devem ser enviados ao Editor Responsável da Revista Brasileira de Botânica, Caixa Postal 57088, 04089-972 São Paulo, SP, Brasil.

A aceitação inicial dos trabalhos depende de decisão do Corpo Editorial. Os artigos devem conter as informações estritamente necessárias para a sua compreensão. Artigos que excedam 15 páginas impressas (cerca de 30 páginas digitadas, incluindo figuras e tabelas), poderão ser publicados, a critério do Corpo Editorial. Fotografias coloridas poderão ser publicadas, a critério do Corpo Editorial, devendo o(s) autor(es) cobrir os custos de publicação das mesmas. As notas científicas deverão apresentar contribuição científica ou metodológica original e não poderão exceder 10 páginas digitadas, incluindo até 3 ilustrações (figuras ou tabelas). Notas científicas seguirão as mesmas normas de publicação dos artigos completos. Artigos de revisão podem ser publicados, a convite do corpo editorial. Serão fornecidas, gratuitamente, 20 separatas dos trabalhos nos quais pelo menos um dos autores seja sócio quite da SBSP. Para os demais casos, as separatas poderão ser solicitadas por ocasião da aceitação do trabalho e fornecidas ao preço de custo.

### **Instruções aos autores**

Preparar todo o manuscrito com numeração seqüencial das páginas utilizando: Word for Windows versão 6.0 ou superior; papel A4, todas as margens com 2 cm; fonte Times New Roman, tamanho 12 e espaçamento duplo. Deixar apenas um espaço entre as palavras e não hifenizá-las. Usar tabulação (tecla Tab) apenas no início de parágrafos. Não usar negrito ou sublinhado. Usar itálico apenas para nomes científicos, palavras e expressões em latim, diagnoses de táxons novos e nomes e números de coletores.

### **Formato do manuscrito**

**Primeira página** - Título: conciso e informativo (em negrito e apenas com as iniciais maiúsculas); nome completo do(s) autor(es) (em maiúsculas); filiação e endereço completo como nota de rodapé, indicando autor para correspondência e respectivo e-mail; título resumido. Auxílios, bolsas recebidas e números de processos, quando for o caso, devem ser referidos no item Agradecimentos.

**Segunda página** - ABSTRACT (incluir título do trabalho em inglês), Key words (até 5, em inglês) RESUMO (incluir título do trabalho em português), Palavras-chave (até 5, em português). O Abstract e o Resumo devem conter no máximo 250 palavras.

**Texto** - Iniciar em nova página colocando seqüencialmente: Introdução, Material e métodos, Resultados / Discussão, Agradecimentos e Referências bibliográficas.

Citar cada figura e tabela no texto em ordem numérica crescente. Colocar as citações bibliográficas de acordo com os exemplos: Smith (1960) / (Smith 1960); Smith (1960, 1973); Smith (1960a, b); Smith & Gomez (1979) / (Smith & Gomez 1979); Smith *et al.* (1990) / (Smith *et al.* 1990); (Smith 1989, Liu & Barros 1993, Araujo *et al.* 1996, Sanches 1997).

Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações de material botânico, incluindo ordenadamente: local e data de coleta, nome e número do coletor e sigla do herbário, conforme os modelos a seguir: BRASIL: MATO GROSSO: Xavantina, s.d., *H.S. Irwin s.n.* (HB 3689). SÃO PAULO: Amparo, 23-XII-1942, *J.R. Kuhlmann & E.R. Menezes 290* (SP); Matão, ao longo da BR 156, 8-VI-1961, *G. Eiten et al. 2215* (SP, US). Abreviaturas de nomes de autores de táxons devem seguir Brummit & Powell (1992). Abreviaturas de obras em trabalhos taxonômicos devem seguir o BPH. Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (S.E. Sanchez, dados não publicados)

### **Citar números e unidades da seguinte forma:**

- Escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades ou indiquem numeração de figuras ou tabelas.
- Utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos artigos escritos em inglês (10.5 m).
- Separar as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens ou para graus, minutos e segundos de coordenadas geográficas); utilizar abreviações sempre que possível.
  - Utilizar, para unidades compostas, exponenciação e não barras (Ex.: mg.dia-1 ao invés de mg/dia,  $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$  ao invés de  $\mu\text{mol}/\text{min}$ ).

Não inserir espaços para mudar de linha, caso a unidade não caiba na mesma linha. Não inserir figuras no arquivo do texto.

### **Referências bibliográficas –**

Indicar ao lado da referência, a lápis, a(s) página(s) onde a mesma foi citada.

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos:

ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

YEN, A.C. & OLMSTEAD, R.G. 2000. Phylogenetic analysis of *Carex* (Cyperaceae): generic and subgeneric relationships based on chloroplast DNA. *In* Monocots: Systematics and Evolution (K.L. Wilson & D.A. Morrison, eds.). CSIRO Publishing, Collingwood, p.602-609.

BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. *In* Flora Brasiliensis (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.

DÖBEREINER, J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. *In* Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros (S. Watanabe, coord.). ACIESP, São Paulo, v.3, p.1-6.

FARRAR, J.F., POLLOCK, C.J. & GALLAGHER, J.A. 2000. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. *Plant Science* 154:1-11.

PUNT, W., BLACKMORE, S. & LETHOMAS, A. 1999. Glossary of pollen and spore terminology. <http://www.biol.ruu.nl/~palaeo/glossary/glos-int.htm> (acesso em 10/04/2003).

Citar dissertações ou teses somente em caráter excepcional, quando as informações nelas contidas forem imprescindíveis para o entendimento do trabalho e quando não estiverem publicadas na forma de artigos científicos. Nesse caso, utilizar o seguinte formato:

SANO, P.T. 1999. Revisão de Actinocephalus (Koern.) Sano - Eriocaulaceae. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Não citar resumos de congressos.

### **Tabelas**

Usar os recursos de criação e formatação de tabela do Word for Windows. Evitar abreviações (exceto para unidades).

Colocar cada tabela em página separada e o título na parte superior conforme exemplo:

Tabela 1. Produção de flavonóides totais e fenóis totais (% de matéria seca) em folhas de *Pyrostegia venusta*.

Não inserir linhas verticais; usar linhas horizontais apenas para destacar o cabeçalho e para fechar a tabela.

Em tabelas que ocupem mais de uma página, acrescentar na(s) página(s) seguinte(s) "(cont.)" no início de cada nova página, à esquerda.

### **Figuras**

Submeter um conjunto de figuras originais em preto e branco e três cópias com alta resolução. Enviar ilustrações (pranchas com fotos ou desenhos, gráficos mapas, esquemas) no tamanho máximo de 23,0 x 17,5 cm, incluindo-se, aí, o espaço necessário para a legenda. Não serão aceitas figuras que ultrapassem o tamanho estabelecido ou que apresentem qualidade gráfica ruim. Figuras digitalizadas podem ser enviadas, desde que possuam nitidez e que sejam impressas em papel fotográfico ou "glossy paper". Figuras em meio digital devem vir em formato .TIF com, pelo menos, 600dpi de resolução e nunca devem ser colocados no MS Word ou em Power Point.

Gráficos ou outras figuras que possam ser publicados em uma única coluna (8,5 cm) serão reduzidos; atentar, portanto, para o tamanho de números ou letras, para que continuem visíveis após a redução. Tipo e tamanho da fonte, tanto na legenda quanto no gráfico, deverão ser os mesmos utilizados no texto. Gráficos e figuras confeccionados em planilhas eletrônicas devem vir acompanhados do arquivo com a planilha original.

Colocar cada figura em página separada e o conjunto de legendas das figuras, seqüencialmente, em outra(s) página(s).

Utilizar escala de barras para indicar tamanho. A escala, sempre que possível, deve vir à esquerda da figura; o canto inferior direito deve ser reservado para o número da(s) figura(s).

Detalhes para a elaboração do manuscrito são encontrados nas últimas páginas de cada fascículo. Sempre que houver dúvida consulte o fascículo mais recente da RBB.

O trabalho somente receberá data definitiva de aceite após aprovação pelo Corpo Editorial, tanto em relação ao mérito científico quanto ao formato gráfico. A versão final do trabalho, aceita para publicação, deverá ser enviada em uma via impressa e em disquete, devidamente identificados.